

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAFIČKI FAKULTET**

JURAJ BAŠKARAD

**PARAMETRI FORMIRANJA TISKOVNIH
ELEMENATA FOTOPOLIMERNE
TISKOVNE FORME**

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2013.



Sveučilište u Zagrebu
Grafički fakultet

JURAJ BAŠKARAD

**PARAMETRI FORMIRANJA TISKOVNIH
ELEMENATA FOTOPOLIMERNE
TISKOVNE FORME**

DIPLOMSKI RAD

Mentor:

Izv.prof.dr.sc., Sanja Mahović Poljaček

Student:

Juraj Baškarad

Zagreb, 2013.

Rješenje o odobrenju teme diplomskog rada

ZAHVALE

Zahvaljujem svojoj mentorici izv.prof.dr.sc. Sanji Mahović Poljaček i neposrednoj voditeljici Tamari Tomašegović, mag.ing., znanstvenoj novakinji na svakom savjetu i pomoći vezanoj uz provedbu istraživanja, teoretskoj izradi rada i interpretaciji rezultata. Također posebnu zahvalu dugujem grafičkom obrtu "Rotoplast" iz Svete Nedelje koji je osigurao uzorke za istraživački dio ovoga rada.

SAŽETAK

Polazna točka ovog rada su neizrađene fotopolimerne CtP tiskovne forme za fleksotisak. Fotopolimerne tiskovne forme su predoslojene LAMS (eng. *Laser Ablation Mask*) slojem koji ima ulogu predloška kod osvjetljavanja. Nakon stražnje ekspozicije, LAMS sloj se uklanja laserskom ablacijom samo na mjestima na kojima fotopolimerna tiskovna forma treba biti osvjetljena. Motiv generiran laserskom ablacijom je kontrolni klin s poljima različitih pokrivenosti tiskovnim elementima. Pomoću laserske ablacije LAMS sloja definira se i linijatura tiskovne forme koja je ključna za eksperimentalni dio. Ostali koraci izrade fotopolimerne tiskovne forme za fleksotisak provode se po standardiziranim uvjetima. U radu će se izrađene tiskovne forme, na kojima će se provoditi mjerenja, dovesti u korelaciju s površinom koja se otvara na LAMS sloju za pojedinu rastertonsku vrijednost te oblikom tiskovnog elementa. Teorijski dio rada detaljnije objašnjava digitalni postupak izrade fotopolimernih tiskovnih formi za fleksotisak te karakteristike materijala potrebnih za taj postupak. Također se objašnjava i teorijska podloga eksperimentalnog dijela koja zaokružuje shvaćanje cjelokupnog postupka i cilj istraživanja koje se provodi u ovom radu.

Istraživanjem se došlo do zaključka da se primjenom viših stupnjeva *bump up* krivulja kod izrade tiskovnih formi za fleksotisak pravilno formiraju tiskovni elementi na niskim rastertonskim područjima.

Ključne riječi: fleksotisak, tiskovni element, LAMS, raster, tiskovna forma

SUMMARY

Starting point of this theses are unfinished photopolymer CtP printing forms for flexo printing. Photopolymer printing forms are pre-layered with LAMS (Laser Ablation Mask) layer which has the role of a mask in the process of exposure. Upon pre-exposure, LAMS layer is removed by laser ablation only at the points where photopolymer printing form needs to be exposed. The motif generated by laser ablation is the control target containing fields of differing halftone values. Using the laser ablation of the LAMS layer, the liniature of the printing form, which is crucial for the experimental faze, is also defined. Remaining steps to develop the photopolymer printing forms are implemented according to standard conditions. In this thesis, the printing forms upon which the measuring is undertaken are brought to correlation with the opened surface of the LAMS layer for specific halftone value as well as with the shape of the printing element itself. The theoretic part of this thesis offers a detailed explanation of the procedure of development of the photopolymer printing forms for flexo printing as well as the characteristics of the materials needed for this procedure. Theoretical background for the experimental part is also explained and this completes the notion of the whole procedure as well as the goal of the research conducted in this theses.

Research has brought forth the conclusion that using higher degrees of *bump up* curves in development of printing forms for flexo printing, the printing elements on the lower halftone values are formed more regularly.

Key words: flexo printing, printing element, LAMS, raster, printing form

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. TEORIJSKI DIO	3
2.1. Glavne značajke tehnike fleksotiska	3
2.2. Bojila za fleksotisak	4
2.3. Tiskovne podloge u fleksotisku	6
2.4. Tiskovne forme u fleksotisku	7
2.4.1. Tiskovne forme od gume	9
2.4.2. Tiskovne forme od tekućih fotopolimera	11
2.4.3. Tiskovne forme od čvrstog fotopolimera	12
2.4.4. Digitalni postupci izrade tiskovnih formi	14
2.4.5. Profil tiskovnog elementa	17
2.4.6. Aniloks valjak	18
2.5. Mjerenje površine tiskovne forme	20
2.6. Rasteri	23
2.6.1. Amplitudno modulirani raster	24
2.6.2. Frekventno modulirani raster	25
2.6.3. Hibridni raster	26
3. EKSPERIMENTALNI DIO	30
3.1. Radni tok	30
3.2. Priprema uzoraka	31
3.3. Uređaji za izradu tiskovne forme	34
3.4. Uređaji za mjerenje razine kvalitete tiskovne forme	36
4. REZULTATI	40
5. DISKUSIJA	47
6. ZAKLJUČCI	61
7. LITERATURA	63

1. UVOD

Povećanje potrošnje, širi asortiman proizvoda, konkurencija na otvorenom tržištu, sve su to razlozi zašto se pojedini proizvodi ili pružatelji usluga žele istaknuti među konkurencijom. Osim kvalitete proizvoda ili usluge, prilično je bitan aspekt vizualne komunikacije s potrošačima. Pod tim se podrazumijeva najčešće ambalaža u koju je upakiran proizvod ili razni oblici plakata, natpisa ili oglasa koji mame potrošače na konzumaciju tih proizvoda ili usluga. Proizvođači su toga svjesni i mnogo vremena i sredstava ulažu upravo u ambalažu. Stoga velika odgovornost leži na grafičarima koji trebaju realizirati ambalažu što kvalitetnije i bliže proizvođačevoj ideji.

U proizvodnji ambalaže najčešće se koristi samo fleksotisak ili fleksotisak u kombinaciji s ostalim konvencionalnim ili digitalnim tehnikama tiska. U svakom slučaju, u proizvodnji ambalaže fleksotisak je primarna tehnika otiskivanja. Dugo vremena je često bio odbacivan zbog niske kvalitete i razlučivosti otiska, ali usmjeravanjem tehnologije na razvoj fleksotiska ova je tehnika tiska umnogome postala konkurentna ofsetnom tisku. Fleksotisak je tako dokazao svoje prednosti otiskivanja na različite podloge i svoju ekološku prihvatljivost.

Kvaliteta otiska tehnikom fleksotiska sve više dobiva na značenju. Fleksotisak polako zauzima veći dio tržišta grafičke industrije, posebno na području otiskivanja primarnih, sekundarnih i ostalih oblika ambalaže te nekih drugih grafičkih proizvoda. Prilikom računalne pripreme datoteke za tisak moguća je upotreba kombinacijom amplitudno moduliranog i frekventno moduliranog rastera kojima se na svijetlijim i tamnijim dijelovima reprodukcije koristi frekventno modulirani raster, a na područjima srednjih tonova amplitudno modulirani raster. Prelaskom na *CtP (Computer to Plate)* postupke izrade tiskovnih formi otvorile su nove mogućnosti izrade tiskovnih formi. Inovacije u osvjetljavanju i razvijanju značajno su utjecale na povećanje kvalitete reprodukcije. Unatoč jakom tehnološkom razvitku ove tehnologije, i dalje ostaje mjesta za unapređenje. U ovom radu se proučava jedan od problema koji se mogu javiti u izradi tiskovne forme za fleksotisak. Problem se odnosi na realizaciju tiskovnih elemenata niskih rastertonских vrijednosti na tiskovnoj formi. U toku izrade tiskovne forme

stvaranje tiskovnih elemenata ovisi o parametrima u procesu izrade. Gubitak informacija jasno se vidi na finalnom otisku na svjetlijim tonovima reprodukcije. Uzrok tome su tiskovni elementi koji su nepravilnog oblika ili se uopće nisu realizirali. Promatranjem buduće tiskovne forme nakon procesa ablacije LAMS sloja i gotove tiskovne forme na uređajima koji se koriste za utvrđivanje spomenutih problema, može se predvidjeti prijenos bojila s tiskovne forme na tiskovnu podlogu.

Cilj ovoga rada je utvrditi u kolikoj mjeri prijenos rastertonskih vrijednosti s LAMS sloja utječe na tiskovnu formu. U prijenosu tih vrijednosti ulogu ima i način formiranja tiskovnog elementa, stoga će se snimanjem profila uzoraka dobiti prikaz oblika pojedinog tiskovnog elementa. Na taj način se može predvidjeti kakav će biti prijenos bojila s tiskovne forme na tiskovnu podlogu. Hipoteza istraživanja jest da veće linijature imaju smanjenu mogućnost reprodukcije niskih rastertonskih vrijednosti uz stvaranje nepravilnog oblika tiskovnog elementa. Stoga je na LAMS sloju potrebno pomoću krivulja za prilagodbu precizno definirati površinu koja će biti uklonjena, kako bi sveukupni prijenos rastertonskih vrijednosti u procesu reprodukcije bio što korektniji.

2. TEORIJSKI DIO

2.1. Glavne značajke tehnike fleksotiska

Fleksotisak se ubraja u visoki tisak kao jedna od četiri temeljnih tehnika tiska. Naime, tiskovne forme za fleksotisak, kao što i samo ime govori, su fleksibilne i tiskovni elementi su elastični, za razliku od tvrdih tiskovnih površina *letterpress* tehnike. Razlike su i u boji te njezinom prijenosu iz bojanika na tiskovnu formu. Početkom dvadesetog stoljeća naziv za fleksotisak je bio anilinski tisak po nazivu organskog spoja koji se koristio u tadašnjim bojilima. Kasnije je dokazano kako su ta bojila neprikladna za tisak zbog toksičnih svojstava i nedugo zatim povučena iz upotrebe. Naziv je ostao nepromijenjen sve do 21. listopada 1952. godine kada su ponuđeni neki nazivi od kojih se fleksotisak (eng. *flexography*) u potpunosti afirmirao. U fleksotisku su boje manje viskoznosti, odnosno tečnije, a posrednik između sustava za obojenje i temeljnog cilindra je takozvani aniloks valjak. Aniloks je rastrirani valjak na kojeg valjci iz sustava obojenja nanose boju i čiji se višak uklanja s aniloksa pomoću duktora. Od metala su načinjeni duktor i jezgra aniloksa s gornjim slojem od keramike. S aniloksa se boja prenosi na izdignute tiskovne površine i djelovanjem laganog pritiska na tiskovnu podlogu. Sustav s aniloks valjkom osmišljen je 1938. godine u kompaniji *International Printing Ink Corporation* (današnji *INX International Ink Co.*) u svrhu preciznijeg i efektivnijeg doziranja sloja bojila na gumenoj tiskovnoj formi. Taj valjak je i dan danas prisutan i neizostavan u tiskarskom sustavu fleksotiska[1].

Teškoće koje se javljaju u toku tiska su često povezane s pritiskom između tiskovne forme i podloge. Obično se pri manjem pritisku teško reproduciraju niske rastertonske vrijednosti. Ako bi se povećao pritisak da se kvalitetno otisnu te niske rastertonske vrijednosti, s druge strane bi se dijelovi reprodukcije s većim rastertonskim vrijednostima doimali na otisku tamniji nego je potrebno jer bi došlo do povećanja tiskovnog elementa, odnosno prijenosa viška bojila na tiskovnu podlogu[1].

2.2. Bojila za fleksotisak

Vrste bojila koja se upotrebljavaju u fleksotisku su ona na bazi otapala, na bazi vode i UV sušuća bojila (Slika 1.). Bojila na bazi otapala su bila najčešće upotrebljavana bojila do osamdesetih godina prošloga stoljeća od kada su na njihovo mjesto došla bojila na bazi vode. Razlog tomu je kemijski sastav bojila na bazi otapala koja sadržavaju lako hlapljive sastojke koji su štetni za čovjeka i okolinu. S druge strane, bojila na bazi vode slabo adsorbiraju na podloge poput laminata, folija i ostalih polimernih materijala. UV sušuća bojila su za takve otiske obećavajuće rješenje. Sve tri formulacije bojila daju kvalitetne otiske. Bojila za fleksotisak se sastoje od osnovnih komponenti u koje se ubrajaju pigmenti, smole, veziva i neki aditivi čija prisutnost pruža određene karakteristike bojilu. Spomenute komponente nisu funkcionalne zasebno, nego su ovisne o prisutnosti ostalih komponenti.



*Slika 1. Tiskarsko bojilo za fleksotisak
(izvor: <http://www.paperandprint.com/flexotech/features/flexo-2012/november/ft121112-inks.aspx>)*

Pigmenti su nositelj obojenja, a smole služe kao sredstvo koje drži pigmente na tiskovnoj podlozi nakon procesa tiska. Kako bi bojila imala zadovoljavajući viskozitet, nosila pigmente i bila pogodna za tisak, za to su potrebna veziva koja mogu biti organskog porijekla, odnosno alkoholi u bojilima na bazi otapala ili mješavina vode i amina u bojilima na bazi vode. Aditivi u fleksotiskarskim bojilima su nužni te mogu biti voskovi, surfaktanti, sušaći te ostale komponente koje bojilu daju karakteristike postojanosti otiska u toku tiska i nakon[1].

Najvažnija komponenta bojila je pigment. To su čestice u krutom agregatnom stanju. Kao nositelj obojenja značajno utječe na debljinu nanosa bojila na otisku. Ako se u bojilu nalazi manje pigmenta, nanos bojila treba biti deblji kako bi doživljaj boje bio približno jednak ciljanom što nije odgovarajuće rješenje jer je otisak tada nekvalitetan. Osim debljine nanosa bojila, doživljaj boje ovisi i o veličini čestica pigmenta raspršenog u masi bojila. Što su čestice pigmenta sitnije, to bolje pokrivaju podlogu, stoga se čestice melju u što sitnije dimenzije[1].

Voskovi su komponente bojila koje djeluju poput ljepila koje fiksira čestice pigmenta na tiskovnoj podlozi. Funkcioniraju tako da oblože svaku česticu pigmenta i drže ih na tiskovnoj podlozi. Postoje različiti tipovi voskova, od krutih do savitljivih i u ovisnosti o bojilu ti tipovi voskova se miješaju u određenim omjerima kako bi se dobila zadovoljavajuća smjesa. Voskovi ne smiju pucati na mjestu savijanja jer bi se u protivnom sloj bojila koji čini otisak odvojio od tiskovne podloge. Prilikom slaganja araka jedan na drugi, otisak se ne smije preslikavati na poledinu drugog arka. Po kemijskom porijeklu, voskovi se mogu podijeliti na prirodne i sintetičke. Prirodni potječu od borove smole, a umjetni se sintetiziraju[1].

Vezivo u bojilu služi kako bi otopilo voskove i povezalo sve ostale komponente bojila. U bojilima na bazi otapala kao vezivo se koristi alkohol, a u bojilima na bazi vode, najzastupljenija je voda u smjesi s amonijakom koji služi za otapanje smole. U smjesu bojila na bazi otapala se dodaje etil acetat koji djeluje kao ubrzivač sušenja, a kod bojila na bazi vode se u tu svrhu ponekad dodaje alkohol. Vezivo daje bojilu tečljivost i najvažnije viskoznost. Viskoznost fleksografskih bojila je važno pratiti i registrirati za slučaj da se posao želi ponoviti. Viskoznost se može mjeriti s različitim uređajima koji funkcioniraju na sličan način[1].

UV bojila se prilično razlikuju od bojila na bazi vode ili otapala. Za razliku od ova dva, UV bojila se ne suše konvencionalnim načinom isparavanjem, nego polimerizacijom pri izlaganju ultraljubičastom zračenju. Ova bojila su pogodna jer ne sadrže elemente koji isparavaju i koji su štetni za okolinu ili ljudsko zdravlje, osim toga pogodna su za tiskanje na neupojnim tiskovnim podlogama poput polimernih folija. Sastav UV bojila je nešto drugačiji i sadrži pigmente, voskove koji su u ovom slučaju akrilni prepolimeri, akrilni monomeri za regulaciju viskoznosti, fotoinicijatori te aditivi.

Fotoinicijatori su ključna komponenta, jer pod utjecajem ultraljubičastog zračenja izazivaju fotopolimerizaciju ili skrućivanje bojila na podlozi. Ovaj proces sušenja otiska je puno brži od sušenja konvencionalnih bojila. Otisak nije u potpunosti suh, ali je spreman za doradne operacije i ne zahtjeva skladištenje otisnutih araka prije naknadnih manipulacija. Od pozitivnih strana upotrebe UV bojila svakako je poboljšanje u gustoći obojenja odnosno kakvoći boje, a loše strane su štetni utjecaj ultraljubičastog zračenja na čovjeka, visoka cijena bojila te tiskarskih jedinica za sušenje, štetni utjecaj ozona koji degradira tiskovnu formu što rezultira smanjenom nakladom[1].

2.3. Tiskovne podloge u fleksotisku

Osim bojila u procesu grafičke reprodukcije, veliku ulogu imaju tiskovne podloge. Različita svojstva koja posjeduju tiskovne podloge i razina kakvoće tih svojstava utječu na krajnji otisak. U fleksotisku se koriste različite vrste podloga, od papira, valovite ljepenke, polimernih materijala do metala (Slika 2.). Svojstva podloge koja moraju biti istaknuta kao važna za zadovoljavajuću kvalitetu tiska su boja, sjaj, glatkoća, pogodnost za tisak (sposobnost prihvatanja i zadržavanja bojila na površini) i slobodna površinska energija podloge. Podloge se također mogu razlikovati po drugim svojstvima koja imaju veći značaj u doradnim operacijama i primjeni poput debljine, čvrstoće, tvrdoće itd. Osnovne sirovine za proizvodnju tiskovnih podloga za fleksotisak poput valovitih ljepenki i kartona su sekundarne sirovine ili reciklirani papir. Kako reciklirani papir ima specifičnu nijansu, površina na koju se otiskuje treba biti bijele boje. Polimerne tiskovne podloge su drugačijih svojstava i izrađuju se najčešće od polietilena, poliestera, polipropilena, poliamida, polivinilklorida i mogu biti prozirne ili neprozirne, mat i sjajne. Kao ostale tiskovne podloge mogu se navesti razne vrste laminata ili materijala koji su nastali kombinacijom više različitih vrsta materijala procesom laminacije. Od metala se obično izrađuju tanke folije koje se ističu visokim sjajem i potpunom netransparentnošću[1].



Slika 2. Vrste podloga u fleksotisku: papir, metal, valovita ljepenka, plastična folija
 (izvor: a.) <http://www.utrechtart.com/Utrecht-Corrugated-Cardboard-30-x-40-inches-MP-13900-001-i1015872.utrecht#!prettyPhoto>;
 b.) <http://www.dickblick.com/products/canson-student-drawing-paper/>;
 c.) <http://www.artstore.co.uk/clear-styrolux-plastic-sheet-1mm-508x475mm-c-297-p-7699>;
 d.) <http://www.colinharbut.com/crafts/Amaco-ArtEmboss-Aluminum-Sheets.jpg>

2.4. Tiskovne forme u fleksotisku

Za razliku od bojila i tiskovnih podloga, kvalitetno izrađena tiskovna forma svakako ima najveći značaj kada se želi postići vrhunski otisak tehnikom fleksotiska. Za tiskovne forme također postoje određeni parametri koji moraju biti ispunjeni kako bi ona bila upotrebljiva za tisak. Od fizičkih svojstava tiskovne forme očekuje se da bude tvrda i čvrsta (ovisno o podlozi), otpornost na abraziju, cijepanje i otapala te kao kemijsko svojstvo brzina fotopolimerizacije materijala od kojeg je forma načinjena i otpornost na utjecaj ozona. Tri su materijala od kojih se mogu izrađivati tiskovne forme i to su guma, tekući fotopolimeri i najzastupljenija sirovina za proizvodnju su kruti fotopolimeri koji se obično nalaze u obliku ploča (Slika 3)[2].

Budući da je tiskovna forma fleksibilna, ona je u mogućnosti otiskivati na različite vrste materijala na način da se u manjoj mjeri deformira na mjestu kontakta s tiskovnom podlogom. Tako je omogućena veća kvaliteta otiska na hrapavim tiskovnim podlogama jer se tiskovna forma prilagođava neravninama na tiskovnoj podlozi. S druge strane, kada pod određenim pritiskom nije moguće prenijeti motiv s vrlo sitnih tiskovnih elemenata na podlogu, tada se povećava pritisak. To često rezultira nekvalitetnijim

otiskom na područjima viših rastertonskih vrijednosti, gdje se oko tiskovnog elementa razlijeva bojilo prilikom pritiska i sukladno tome događa se povećanje tiskovnog elementa koje se očituje na otisku. {Podlaganje tiskovne forme jedna je od opcija kojima se u ravnotežu dovode tiskovni elementi viših i nižih rastertonskih vrijednosti ovisno o njihovoj zastupljenosti na motivu koji se otiskuje. Tako se za veću zastupljenost nižih rastertonskih vrijednosti na motivu tiskovna forma podlaže tvrđim materijalom, a motivi koji sadržavaju veći udio rastertonskih vrijednosti u većem omjeru zahtijevaju mekše podlaganje. Za jednaku zastupljenost viših i nižih rastertonskih vrijednosti obično se upotrebljava srednje tvrda podloga.¹}

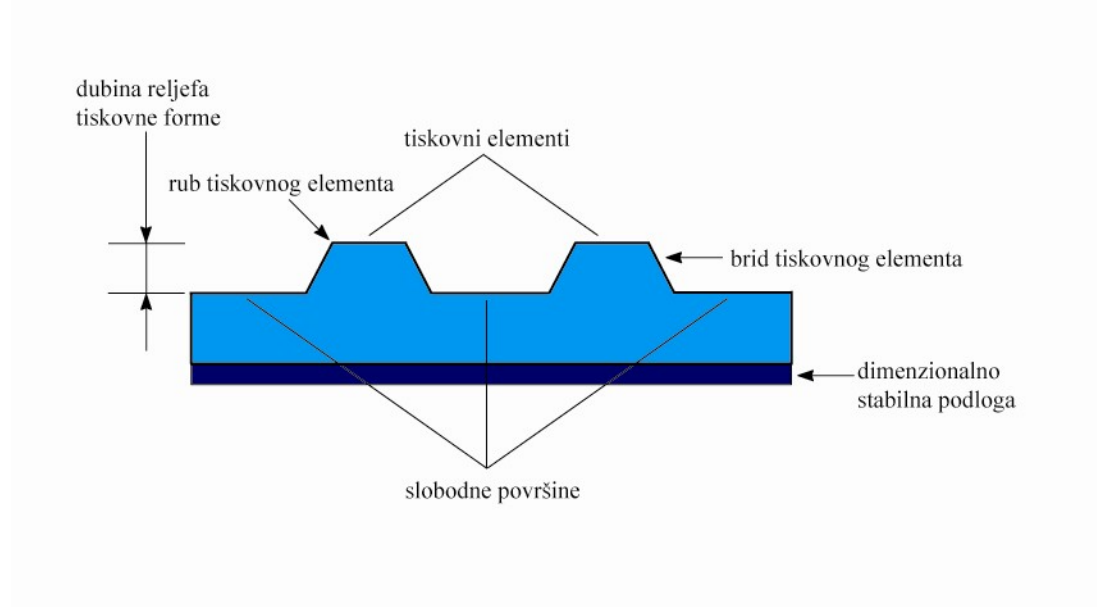


*Slika 3. Tiskovne forme za fleksotisak
(izvor: <http://www.sterling.ca/flexo.cfm>)*

Kako bi se lakše shvatio odnos tiskovnih i slobodnih površina, potrebno je objasniti njihov međusobni odnos. Kao što je prethodno rečeno u ovom radu, fleksotisak je tehnika visokog tiska, što govori da se tiskovni elementi nalaze u ravnini i izbočeni su, dok se slobodne površine nalaze u nižoj ravnini (Slika 4.). Vrh tiskovnog elementa ima funkciju prijenosa bojila na tiskovnu podlogu. Površina vrha tiskovnog elementa definira količinu bojila koje će se prenijeti na tiskovnu podlogu. Površina tiskovnog elementa mora biti glatka, a rubovi moraju biti oštri i jasni. Područje oko tiskovnog elementa predstavlja slobodnu površinu i na tom području ne bi smjelo dolaziti do gomilanja bojila koje bi se eventualno moglo prenijeti na tiskovnu podlogu. Brid

¹ Izvor informacije: "Rotoplast" grafički obrt, Poduzetnička 7, Kerestinec, 10431 Sveta Nedelja

tiskovnog elementa je dio koji povezuje tiskovne sa slobodnim površinama. Brid mora držati tiskovni element stabilnim i nakon ostvarivanja kontakta s tiskovnom podlogom ili pritiska. Ono služi kao potpora i očuvanje dimenzionalne stabilnosti tiskovnog elementa. Razlika između slobodnih površina i vrhova tiskovnih elemenata predstavlja dubinu reljefa tiskovne forme. Dubina reljefa se kontrolira stražnjom ekspozicijom tako da se pri eksponiranju prati količina ili debljina fotopolimeriziranog donjeg dijela ploče. Debljina tiskovne forme promatra se od dna, uključujući i prijenosni medij ili podlogu od polietilen teraftalata, do vrha tiskovnog elementa. Debljina tiskovne forme može biti različita za različite medije na koje se otiskuje. Sve se više koriste tanje tiskovne forme. Pokazale su se boljim izborom jer je manje povećanje tiskovnog elementa i bolja kvaliteta otiskivanja s većim rezolucijama. Obično se razlikuju standardne debljine tiskovnih formi od kojih se među tanje ubrajaju one od 0,635 mm do 1,14 mm, srednje debljine od 1,7 mm do 3,2 mm i deblje od 3,80 mm do 6,35 mm[1].

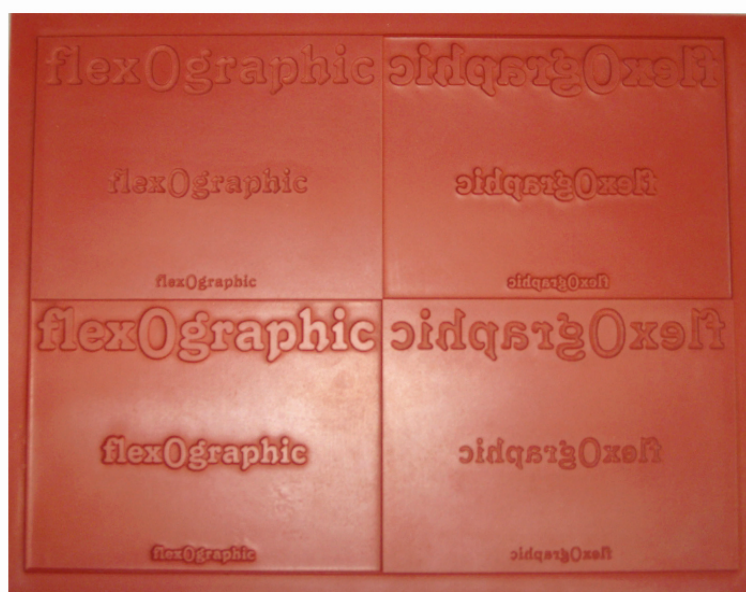


Slika 4. Presjek tiskovne forme za visoki tisak (fleksotisak)

2.4.1. Tiskovne forme od gume

Prve tiskovne forme koje su se upotrebljavale za fleksotisak su bile izrađene od gume (Slika 5.). Guma bi se lijevala u kalupe i kada bi očvrsnula bila je spremna za tisak. Takve tiskovne forme bi u procesu lijevanja i prelaska u kruto stanje imale dosta

neželjenih neravnina i udubljenja i u procesu tiska bi se vidjeli ti nedostaci, posebno na punim tonovima. Ovakve tiskovne forme su mogle otisnuti višetonske reprodukcije vrlo niske kvalitete. Sirovine od kojih se izrađuju ove tiskovne forme su gume na prirodnoj ili sintetičkoj bazi poput nitril, butil i neopren guma. U smjesu tekuće gume se dodaju razni aditivi kako bi se poboljšala fizička svojstva ovakvih tiskovnih formi od kojih se mogu nabrojati ugljik, cink oksid, barijev sulfat, glina i ulja. Izrada tiskovnih formi od gume polazi od izrade takozvane master ploče, predoslojene metalne ili fotopolimerne ploče koja se može načiniti fotomehaničkim postupcima preko negativa[1,2].



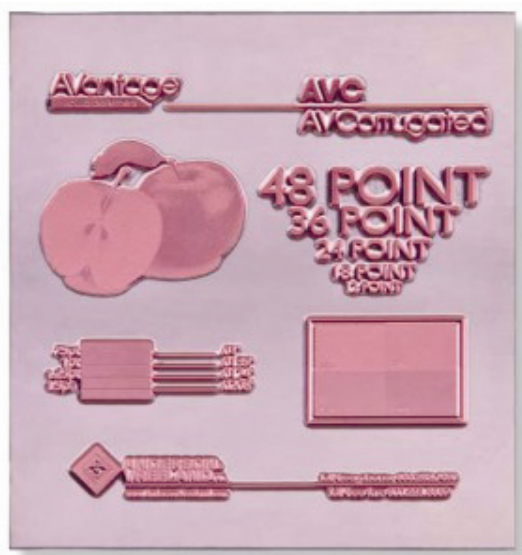
*Slika 5. Gumena tiskovna forma za fleksotisak
(izvor: <http://www.flexographics.com/processes/rubber-printing-plates/>)*

Od metala se za izradu master ploče koristi magnezij, olovo, bakar ili tvrdi fotopolimer. Na predoslojenu ploču se stavlja negativ film i preko njega se osvjetljava. Razvijanjem se uklanja topivi dio fotoaktivnog sloja i tako se otkriva metal koji će se jetkati. Nakon jetkanja se uklanja zaostali fotoaktivni sloj i ploča se stavlja u stroj za probno otiskivanje. Master ploča se, pod velikim tlakom i temperaturom, utiskuje u drugu ploču ili matricu načinjenu od bakelita. Matrica predstavlja kalup, odnosno negativ buduće tiskovne forme. U taj se kalup potom ulijeva tekuća smjesa gume i aditiva i nakon

vulkanizacije gume nastaje tiskovna forma spremna za tisak. Danas je izrada ovakvih ploča pojednostavljena procesom laserskog graviranja. Prednosti ovakvog procesa su kraće vrijeme izrade, jednostavnost i to što se može izraditi direktno na cilindru bez šavova, okružujući cilindar po opsegu[1,2].

2.4.2. Tiskovne forme od tekućih fotopolimera

Spojevi koji se koriste za izradu tiskovnih formi od tekućeg fotopolimera su propilen oligomeri, poliesteri, poliuretani i akrilati u koje se prije izrade dodaju određeni fotoinicijatori (Slika 6.). Motiv se nalazi u negativu i on predstavlja masku kod kopiranja. Negativ se stavlja na vakuumsku podlogu s emulzijskom stranom okrenutom prema gore. Na negativ se potom stavlja prozirna folija koja je fiksirana za negativ, također pomoću vakuuma.



Slika 6. Tiskovna forma za fleksotisak izrađena od tekućeg fotopolimera
(izvor: <http://andersonvreeland.com/portfolio/avcorrugated-liquid-photopolymer>)

Prozirna folija štiti od sljepljivanja tekućeg fotopolimera za negativ. Zatim se ulijeva tekuća smjesa fotomonomera s inicijatorima i na nju se stavlja zaštitna poliesterska folija, koja je tretirana povećanjem specifične površine, s one strane koja naliježe na smjesu kako bi se adsorbirala na nju. Prva ekspozicija je stražnja ekspozicija kako bi se

očvrstnuo tekući fotomonomer sa stražnje strane i ujedno formirao podlogu koja će držati buduće tiskovne elemente koji će se formirati na prednjoj strani sloja smjese tekućeg fotomonomera. Slijedeći postupak je prednja ekspozicija gdje zračenje prolazi kroz negativ i to samo na onim mjestima koja nisu zacrnjena. Zračenje tako prolazi kroz transparentna mjesta na negativu i izaziva fotopolimerizaciju tiskovnih elemenata. Prednja ekspozicija traje toliko dugo dok se ne fotopolimeriziraju tiskovni elementi dovoljno duboko u tekući fotopolimer kako bi se povezali s već fotopolimeriziranim stražnjim dijelom. Trajanje stražnje i prednje ekspozicije je povezano. Visina tiskovnih elemenata ovisi o duljini stražnje ekspozicije koja formira debljinu stražnjeg sloja. Ekspozicije se pomno prate i kontroliraju. Nakon toga se uklanja negativ i prednja zaštitna folija te se ploča ispiru u otapalu i pomoću četki kojima se ispiru dijelovi koji nisu fotopolimerizirali. U nekim tiskarama se prikuplja višak fotopolimera s tiskovne forme, koji se nije fotopolimerizirao, pomoću zračnog noža. Na taj način se štedi na materijalu i ujedno brine o okolišu. Nakon ispiranja ploča se suši. Kako prednja i stražnja ekspozicija nisu u potpunosti očvrstnule tekući fotopolimer, ploča se izlaže postekspoziciji gdje se dodatno fotopolimeriziraju preostali dijelovi.

Tiskovne forme izrađene od tekućih fotopolimera ne daju kvalitetne otiske pa se upotrebljavaju za otiskivanje na valovitu ljepenu ili za izradu pečata. Naime, razvoj CtP tehnologije zahvatio je i tiskovne forme od tekućih fotopolimera, pa se sukladno tome poboljšala i kvaliteta otiskivanja. Osim ovog napretka, mogu se spomenuti i *capped-plate* tiskovne forme koje su načinjene od dva različita fotopolimera. Kod takvih tiskovnih formi donji sloj je dosta mekši od gornjeg sloja od kojeg se izrađuju tiskovni elementi. Gornji tvrdi sloj oblikom je postojaniji pri pritisku u tisku i ne događa se veliko povećanje tiskovnog elementa[2].

2.4.3. Tiskovne forme od čvrstog fotopolimera

Kao najkvalitetnije, ujedno i najzastupljenije su tiskovne forme izrađene od čvrstih fotopolimera koji se nalaze u obliku ploča (Slika 7.). Zahvaljujući izuzetnim svojstvima daju vrlo kvalitetne otiske, oštre i čiste višetonske reprodukcije. Kao prednost se ističe

to što su vrlo tanke i dovoljno tvrde. One se koriste kod otiskivanja ambalaže, na kartone ili plastične folije.

Kemijski sastav ovih tiskovnih formi polazi od fotopolimernih materijala iz kojih zračenjem iz reakcije fotopolimerizacije iz fotoinicijatora proizlaze slobodni radikali. Monomeri stoga sadržavaju akrilnu funkcionalnu skupinu koja određuje stupanj polimerizacije, odnosno fleksibilnost tiskovne forme. Različiti spojevi koji se dodaju u smjesu koji daju tiskovnoj formi određena fizikalna svojstva. Za regulaciju tvrdoće gume po Shoreu i fleksibilnost površine dodaje se elastomer poliizopren. Za sprječavanje polimerizacije u tami dodaje se hidrokinon[2].



*Slika 7. Tiskovna forma za fleksotisak izrađena od čvrstog fotopolimera
(izvor: <http://creativegraphics.tradeindia.com/flexo-printing-plates-164641.html>)*

Tiskovna forma za osvjetljavanje se priprema tako da se na dno stavi PET podloga na kojoj se ujedno nalazi i fotopolimer s fotoinicijatorima. Na to se dodatno stavlja sloj koji služi za prihvaćanje bojila, pogotovo onog na bazi vode zbog površinske napetosti vode i njezina težeg prihvaćanja za tiskovnu formu. Kako bi se spriječila oksipolimerizacija fotopolimernog sloja, stavlja se zaštitna folija na kojoj se nalazi silikonski sloj. Silikonski sloj se stavlja u kontakt s fotopolimerom i ujedno osigurava

lakše odvajanje zaštitnog sloja te štiti negativ od mogućeg lijepljenja za fotopolimer tijekom ekspozicije[2].

Postupak osvjtljavanja polazi od stražnje ekspozicije kako bi se osigurala podloga za tiskovne elemente. Vremenski stražnja ekspozicija traje vrlo kratko, oko jedne minute, gdje se fotopolimerizira sloj debljine oko jedan milimetar. Nakon toga slijedi prednja ekspozicija kroz negativ gdje se formiraju tiskovni elementi i slobodne površine. Vrijeme trajanja prednje ekspozicije po prilici iznosi oko deset minuta. Izvor zračenja treba emitirati UVA svjetlost valnih duljina od 350 nm do 370 nm. Nakon izlaganja zračenju, s tiskovne forme se uklanja negativ te zaštitni sloj kako bi se mogli ukloniti nepolimerizirani dijelovi. Nepolimerizirani dijelovi se uklanjaju pomoću četki i otapala, najčešće otopina estera. Nakon četkanja ploča je natopljena i ona nabubri te ju je potrebno osušiti vrućim zrakom. Nakon sušenja odlazi na postekspoziciju gdje se izlaže zračenju pod UVA i UVC svjetlom u području od 250 nm do 260 nm. Na kraju ovog procesa tiskovna forma se montira na cilindar i spremna je za tisak[2].

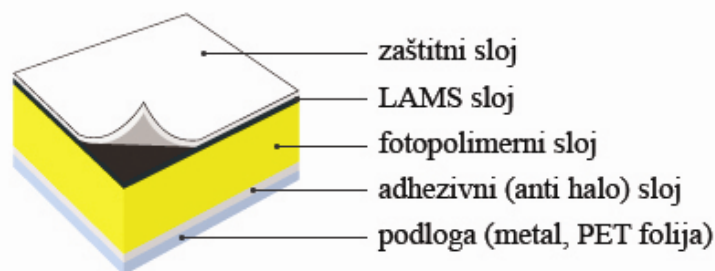
2.4.4. Digitalni postupci izrade tiskovnih formi

Prethodno spomenuta tri procesa izrade tiskovnih formi za fleksotisak podrazumijevaju konvencionalni ili fotomehanički proces. Želja da se eliminira izrada negativ filma i dugotrajnost izrade konvencionalnim postupkom dovelo je do razvoja digitalnih tehnika izrade tiskovnih formi. Sveprisutni rast i razvoj tehnologije iznjedrio je inovacije u laserskom zračenju na području grafičke tehnologije. Osim u fleksotisku, laser je dobio na važnosti i kod ostalih tehnika tiska, prije svega u proizvodnji tiskovnih formi. Računalnim upravljanjem moguće je precizno podesiti intenzitet i frekvenciju laserske zrake. S laserom se postižu visoke razlučivosti, precizno usmjeravanje zrake, visoke energije lasera i digitalno upravljanje[2,3].

Prva tehnologija koja je bila primjenjena jest lasersko graviranje gumenih ploča. Guma je prethodno vulkanizirana kako bi postigla određenu tvrdoću i potom se stavlja na cilindar za graviranje. Laser koji se koristi je CO₂ laser koji uklanja slobodne površine. Laserska tehnologija za izradu tiskovne forme se može upotrijebiti na dva načina. Prvi od njih se koristi za direktnu termalnu ablaciju gdje laser visoke energije "uništava"

slobodne površine na ploči od gume. Ovim načinom laser može ukloniti od 0,4 mm do 0,7 mm s ploče bez naknadnih procesa koji uključuju štetne kemikalije. Procesom direktne termalne ablacije postižu se niske rezolucije do 50 lin/cm zbog velikih valnih duljina koje emitira CO₂ laser u iznosu od $\lambda=10640$ nm. Ostali laseri se ne mogu koristiti za direktnu termalnu ablaciju zbog loše apsorpcije ploče u području infracrvenog zračenja. Nakon graviranja, tiskovna forma se kontrolira i ako zadovoljava uvjete, spremna je za tisak. Ovom tehnikom izrade s gumenim pločama moguće je otisnuti i veće linijature. Osim toga, moguće je načiniti tiskovnu formu direktno na temeljnom cilindru bez prijelaza na krajevima tiskovne forme što pruža jednostavnost kod otiskivanja "beskonačnog" motiva na tisak iz role[2,3].

Druga metoda izrade tiskovne forme za fleksotisak je obećavajuća što se tiče veće razlučivosti i manjeg utroška energije. Za razliku od prethodnog postupka, u ovom se ne uklanjaju slobodne površine nego dijelovi sloja koji otkrivaju fotopolimerni sloj na kojem će se formirati tiskovni elementi (Slika 8.). Sloj koji se uklanja naziva se laserski ablacijski sloj ili LAMS (eng. *Laser Ablation Mask*). LAMS sloj se nanosi na ploče za vrijeme proizvodnje i predstavlja masku ili svojevrsni negativ film. Kao što je spomenuto, LAMS se uklanja putem laserske ablacije otvarajući površine na kojima će UVA zračenje formirati tiskovne elemente. Slijedeći postupak je uklanjanje zaostalog LAMS sloja i nefotopolimeriziranih dijelova poslije kojeg tiskovna forma odlazi na dodatno izlaganje UVA i UVC zračenju kako bi fotopolimerizirali preostali dijelovi tiskovne forme. U ovom načinu izrade razlučivosti su puno veće jer se koriste Nd:YAG laser ili laser načinjen od optičkih vlakana. Lasiraju na valnim duljinama od 1064 nm i 1070 nm te koriste energije od 8 W do 100 W. Energijom u iznosu od 8 W moguće je skinuti 4 μ m LAMS sloja, što je i dovoljno kako bi se otkrio fotopolimerni sloj. Preciznost lasera je toliko velika da je u mogućnosti na LAMS sloju načiniti otvor od 5 μ m i postići razlučivost do 3000 lin/cm (ili 8000 dpi) i linijaturom rastera do 80 lin/cm[4].



Slika 8. Presjek ploče s LAMS slojem
(izvor: http://www.toyobo-global.com/seihin/xk/print_ctp/index.htm)

Još jedan primjer digitalne izrade podrazumijeva otiskivanje poput kućnog pisaa. Tehnikom inkjeta se nanosi sloj nepropusan za svjetlo koji predstavlja masku. Inkjetom se nanosi sloj samo na područja budućih slobodnih površina. Ploča se zatim šalje u stroj za osvjetljavanje nakon kojeg slijedi proces istovijetan konvencionalnom. Prednost ovakvog procesa je isplativost[2].

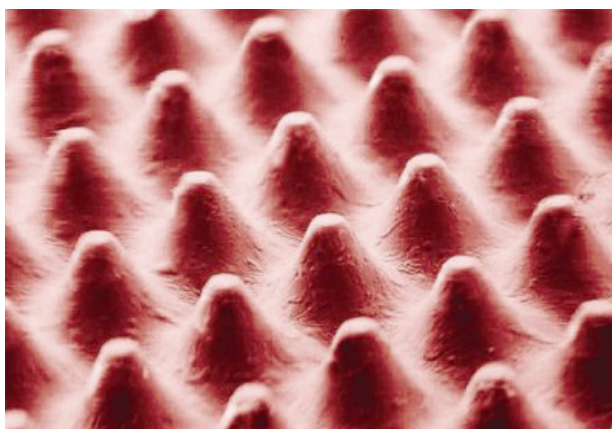
Od novijih tehnologija izrade tiskovne forme za fleksotisak ističe se Kodakov *FLEXCEL NX*. Naziv je to za Kodakov sustav izrade tiskovnih formi za fleksotisak i oslojavanja ploče slojem koji predstavlja masku kod osvjetljavanja.

U Kodaku tvrde kako je ovaj sustav u mogućnosti proizvesti minimalnu točkicu veličine 10 mikrometara koja je svojom veličinom i stabilnošću pouzdana i dosljedna u procesu tiska. Nova metoda izrade rezultira poboljšanom strukturom tiskovnih elemenata na gotovoj tiskovnoj formi. Raspon tonaliteta je veći nego kod ostalih metoda izrade tiskovne forme. Napredak se ističe i u color managementu gdje se spotne boje, koje se tiskaju uz procesne radi kvalitete otiska, sada mogu u potpunosti reproducirati iz procesnih boja. Isto tako se povećala razlučivost, odnosno linijatura rastera. Nova metoda Kodak *FLEXCEL NX* sastoji se od: Kodak *TRENDSETTER NX Imager* (stroj za osvjetljavanje TIL-a), Kodak *FLEXCEL NX Thermal Imaging Layer* ili TIL (sloj koji predstavlja masku kod osvjetljavanja), Kodak *FLEXCEL NXH Digital Flexo Plate* (ploča od čvrstog fotopolimera za ovu metodu izrade tiskovnih formi) i Kodak *FLEXCEL NX Laminator* (stroj za oslojavanje TIL sloja na ploču). Spomenuti sustav

predstavlja izradu tiskovne forme za fleksotisak od samog početka do njezine finalizacije za tisak. Razlika u izradi između TIL i ploča oslojenih LAMS-om je posebno osvijetljavanje samog TIL sloja koji se potom laminira na fotopolimernu ploču. Laminacijom se sprječava razarajući utjecaj kisika na tiskovne elemente. Sloj TIL-a i ploča se sjedinjuju kako bi prijenos informacija s TIL-a na ploču bio u omjeru 1:1, dakle bez podkopiravanja. Tako oslojena ploča se izlaže stražnjoj i glavnoj ekspoziciji, a prije razvijanja s nje se uklanja TIL i arhivira za ponavljanje naklade[3].

2.4.5. Profil tiskovnog elementa

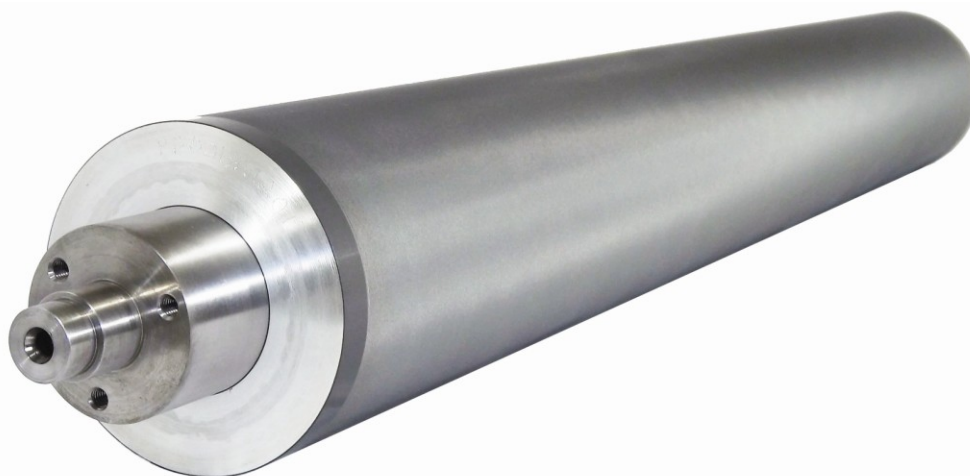
Profil tiskovnog elementa pomno se prati i može se kontrolirati u procesu izrade tiskovne forme. Pomoću glavne i stražnje ekspozicije moguće je utjecati na oblik tiskovnog elementa. Stražnjom ekspozicijom utječe se na dubinu reljefa tiskovne forme. Glavnom ekspozicijom je moguće definirati oblik, visinu, veličinu i nagib tiskovnog elementa (Slika 9.). Primjerice, povećanjem intenziteta UV svjetla prednjom ekspozicijom može se povećati nagib tiskovnog elementa, jer fotopolimerizacija ovisi o količini zračenja koje pada na fotopolimer i izaziva reakciju. Također, vremensko trajanje zračenja igra veliku ulogu jer je tako za prednju ekspoziciju potrebno do dvadeset minuta dok je za stražnju ekspoziciju dovoljna jedna minuta[2].



*Slika 9. Tiskovni elementi na tiskovnoj formi za fleksotisak pod velikim povećanjem
(izvor: http://www.ajslabels.com/blog/b-t-b-part-6-printing-plates-screens_2320)*

2.4.6. Aniloks valjak

Osim same tiskovne forme, u fleksotisku se najveća važnost pridaje aniloks valjku (Slika 10.). Aniloks valjak je gravirani valjak s čašicama jednakih volumena koje prekrivaju cijelu njegovu površinu. Ideja za ovu izvedbu preuzeta je od izjetkanih cilindara za duboki tisak koji bojilo na tiskovnu podlogu prenosi u izjetkanim čašicama (vakuolama). Na osnovu tog cilindra načinjen je valjak s određenim brojem i veličinom ugraviranih čašica te presvučen bakrom i keramikom. Njegova funkcija jest dovod bojila iz bojanika do tiskovne forme na temeljnom cilindru. Volumen čašica na aniloksu odgovara određenim tiskovnim podlogama i zahtjevima u tisku. Ako je tiskovna podloga upojnija i neravne površine te porozne strukture, pripadajući aniloks bio bi onaj s čašicama većeg volumena i obratno, ako je u pitanju glađa, premazana tiskovna podloga tada se koristi aniloks s čašicama manjeg volumena. Za podloge od polimernih materijala koristi se aniloks valjak s čašicama manjeg volumena kako se otisak ne bi razlijevao i stvarao halo efekt i povećanje rasterskog elementa. Osim volumena čašice bitan je i njihov broj. Taj broj se izražava pomoću jedinice linija po centimetru (lin/cm) i predstavlja broj čašica po jedinici duljine, u ovom slučaju centimetra. Termin koji se koristi za to je linijatura aniloksa. Linijatura aniloksa može biti mala i nekvalitetna ili velika za finije i kvalitetnije reprodukcije u fleksotisku.



Slika 10. Aniloks valjak
(izvor: <http://blog.harris-bruno.com/tag/anilox-roll/>)

Među manjim linijaturama smatra se ona oko 70 lin/cm. Srednje linijature su oko 140 lin/cm i zadovoljavajuće su za tisak na upojne tiskovne podloge poput nepremazanih papira te kartona. Veće linijature su one više od 275 lin/cm i služe kod otiskivanja kvalitetnijih reprodukcija na glatke, neupojne podloge. Odabir linijature aniloksa ovisi i o motivu koji se otiskuje pa se k tome za reprodukciju fotografija koriste veće linijature. Volumen čašice je povezan sa spomenutom linijaturom i dubinom čašice. Manipulacija volumenom na aniloksima s istom linijaturom se postiže dubinom čašice. Podaci koji zanimaju proizvođače aniloksa su linijatura i volumen, iz kojih sam proizvođač izračunom dolazi do dubine čašice. Volumen je odgovoran za nanos bojila na tiskovnu formu koje se na tiskovnoj podlozi promatra kao gustoća obojenja. Treba biti oprezan s procjenom volumena čašice, jer preveliki nanos bojila na tiskovnu formu može zaprljati otisak[1].

Linijatura aniloksa se definira prema linijaturi tiskovne forme i mora biti 3,5 do 4,5 puta veća nego linijatura tiskovne forme. U suprotnom bi se javljao *moiré* efekt. Veličina čašice bi tako trebala biti manja od tiskovnog elementa kako ovaj ne bi upadao u čašicu i time pokupio više bojila nego što je potrebno. Zidovi ili pregrade između čašica spriječavaju upadanje tiskovnih elemenata. Kutovi pod kojima su smještene čašice su određeni i iznose ili 45° ili 60° stupnjeva u odnosu na os aniloks valjka. Kako se kutovi rastera na tiskovnoj formi i kutovi čašica na aniloksu ne bi preklapali na 45°, najviše se koristi kut od 60°[1].

Standardni materijali od kojih su načinjeni aniloks valjci su čelik i keramika. Od čelika se uglavnom izrađuje jezgra valjka na koju se nanosi sloj keramike debljine od 2,3 μm do 3,9 μm. Pomoću CO₂ lasera se graviraju čašice u tom tankom nanosu. Laser prži sloj keramike i stvara vrlo precizno izrađene čašice. Svi parametri aniloks valjka se mogu prethodno podesiti na računalu koje upravlja laserskom glavom. Na ovaj način je olakšana izrada aniloks valjka, za razliku od prijašnjih tehnologija s nezgrapnim teškim alatima. Keramički sloj je iznimno čvrst i izdržljiv kada su u pitanju rakeli koji stružu po površini valjka. Ostale vrste aniloks valjaka i njihove izrade su također prisutne. Od njih se mogu navesti mehanički gravirani kromirani valjci. Jezgra tih valjaka je načinjena od čistog čelika ili kombinacijom čelika s površinom presvučenom bakrom. Na površinu tog valjka se utiskuju čašice kroz nekoliko prolaza dok se ne bi postigla

željena dubina tih čašica. Matrica za utiskivanje čašica se nalazi na valjku koji ih utiskuje pri velikom pritisku. Kada se postigla željena dubina čašica, na površinu bi se nanosio sloj kroma elektrokemijskim putem koji je zbog svojstava iznimno otporan na habanje. Treći način izrade aniloks valjka se odnosi na elektromehaničko graviranje površine na strojevima na kojima se izrađuju tiskovne forme za duboki tisak. U takvim strojevima se čašice formiraju graviranjem pomoću dijamantne glave *stylus*. Kao inovacija u materijalima za izradu aniloks valjaka ističu se materijali od ugljičnih vlakana koja su veoma lagana i izdržljiva[1].

2.5. Mjerenje površine tiskovne forme

Otisak zadovoljavajuće kvalitete se postiže tiskovnim formama visoke kvalitete uz ostale parametre u procesu tiska. Izrađena tiskovna forma mora proći postupak mjerenja razine kvalitete kako bi se utvrdila njezina pogodnost za tisak. Za kontrolu razvijanja tiskovne forme koriste se instrumentalne i vizualne metode. Na tiskovnim formama, u toku pripreme, stavljaju se kontrolni klinovi koji se razlikuju od proizvođača do proizvođača. "Kontrolni klinovi se sastoje od rasterskih i višetonskih stepenastih klinova s poljima definiranih vrijednosti pokrivenosti površine za instrumentalno praćenje zajedno s poljima sa specifičnim elementima za vizualno praćenje razine kvalitete tiskovne forme." Parametri koji se kontroliraju na tiskovnim formama za visoki tisak su frekvencija ili linijatura rastera koja se izražava u linijama po inču (lin/in) ili linijama po centimetru (lin/cm), zatim pokrivenost površine, udaljenost tiskovnih elemenata i njihov promjer, kut rastriranja i na kraju analiza tiskovnog elementa odnosno njegovog kuta, oblika i visine. Kontrolni klinovi moraju ispunjavati svoju funkciju tako da se mogu mjeriti već postojećim instrumentima za kontrolu te ne bi trebali zauzimati mjesto tiskovnih površina na tiskovnoj formi[5].

Kontrolni klinovi su izuzetno precizni za dijagnostiku, kalibraciju i praćenje kvalitete tijekom izrade tiskovne forme i dalje u procesu grafičke reprodukcije. Jedan od takvih kontrolnih klinova koji se upotrebljavaju za fleksotisak je DFTA CtP Strip V1.3. Pomoću njega se kontroliraju i dokumentiraju rezultati procesa izrade tiskovne forme te standardiziraju osnovni postupci kalibracije uređaja za izradu tiskovnih formi. Ovaj

kontrolni klin dolazi u vektorskoj i pikselskoj verziji. Obje verzije su u osnovi iste, ali se razlikuju u načinu na koji se iz njih prikupljaju informacija. Pikselna verzija služi za kontrolu uređaja za ispis i materijala od kojeg je izrađena tiskovna forma dok vektorska verzija služi za kontrolu cjelokupnog procesa, uključujući i RIP. Vektorska verzija je snimljena kao *PostScript* ili PDF datoteka i ubacuje se u osnovnu datoteku u RIP uređaju. Piksel verzija je snimljena kao TIFF ili LEN datoteka i u osnovnu datoteku se ubacuje u uređaju za ispis[6].

Kontrolni klin se sastoji od nekoliko elemenata koji služe mjerenju razine kvalitete određenog segmenta izrade tiskovne forme:

(Slika 11., a) Raspon tonskih vrijednosti koji služi za pronalaženje prve stabilne tonske vrijednosti na tiskovnoj formi. Tonske vrijednosti su raspoređene po razinama, gdje A razina predstavlja prazno polje od kojeg se kasnije za svaku razinu nelinearno povećava tonska vrijednost za jedan ili dva piksela.

(Slika 11., b) TO polje služi kontroli sušenja tiskovne forme. TO polje se uspoređuje sa susjednim, punim poljem. Idealno vremensko trajanje sušenja je ono u kojem vrijednost razlike debljina ta dva polja ne prelazi vrijednost dimenzije debljine propisanu od strane proizvođača fotopolimernih ploča.

(Slika 11., c) Polje punog tona se upotrebljava za kontrolu uklanjanja LAMS sloja postupkom laserske ablacije.

(Slika 11., d) Polje rastertonske vrijednosti od 50% služi za kontrolu razine kvalitete formiranja tiskovnog elementa na gotovoj tiskovnoj formi.

(Slika 11., e) Polje s mikrolinijama služi za vizualnu metodu kontrole ispisa. Na polju se nalaze brojke 1, 2 i 3 koje se sastoje od mikrolinija debljine dva piksela (brojka 1), tri piksela (brojka 2) i četiri piksela (brojka 3). Površina koja ih okružuje također je sastavljena od mikrolinija koje se nalaze okomito naspram mikrolinija unutar brojki i isto tako je podijeljena na segmente. U prvom segmentu nalaze se tri brojke okružene mikrolinijama debljine dva piksela, slijedeći segment s mikrolinijama debljine tri piksela i treći segment s mikrolinijama debljine četiri piksela. Ako je kvaliteta ispisa visoka, vizualno razlika između brojki i površine koja ih okružuje se nebi trebala

primijetiti. U vektorskoj verziji kontrolnog klina ova kontrola ne vrijedi, nego se na tim poljima kontroliraju neizbježne varijacije u rezoluciji RIP-a.

(Slika 11., f) Polje s barkod linijama služi za kontrolu formiranja okomitih i vodoravnih linija za barkodove na gotovoj tiskovnoj formi.

(Slika 11., g) Polje sa strelicama služi za označavanje smjera ulaska ploče u stroj. U prazni kružić na jednoj od dvije strelice se ucrtava križići i na taj način se bilježi smjer ulaska ploče u stroj. Prve strelice (IM) su za obilježavanje smjera ulaska ploče u stroj za ispis. Druge strelice (UV) služe za obilježavanje s kojom su strelicom paralelne cijevi UV izvora zračenja u stroju za osvjetljavanje. Treće strelice (W) služe za obilježavanje smjera ulaska ploče u stroj za razvijanje.

(Slika 11., h) Polje s informacijama o verziji kontrolnog klina.

(Slika 11., i) Polje s linijama u pozitivu i negativu. Cijeli kontrolni klin je okružen linijama različitih debljina u pozitivu i negativu. Linije koje se nalaze s donje (pozitiv) i gornje (negativ) strane klina imaju jednaku tonsku raspodjelu kao i (a) polje ovog kontrolnog klina[6].

amplitudno modulirano ili AM rastriranje i frekventno modulirano ili FM rastriranje. Treća metoda je hibridni raster koji je kombinacija spomenuta dva²[7].

2.6.1. Amplitudno modulirani raster

Začetnik amplitudno moduliranog rastriranja (u engleskoj literaturi poznatog još pod pojmom *halftone screening* ili polutonsko rastriranje) je William Fox Talbot koji je 1850. godine predstavio metodu rastriranja za izradu višetonskih reprodukcija u intaglio tehnici otiskivanja. Tridesetak godina poslije Frederic Ives patentirao je ovu metodu za širu primjenu u reprodukciji višetonskih otisaka. Metoda rastriranja se razvijala sukladno s tehnologijom, ali je princip ostao isti.



Slika 12. Tonski raspon prikazan amplitudno moduliranim rasterom
(izvor: <http://www.professionalprinting.com/fm-and-am-screening-comparison/>)

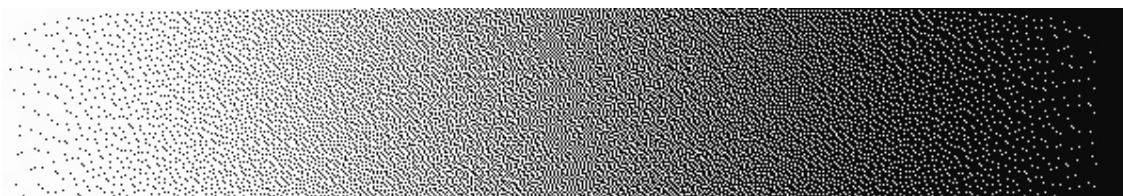
Princip amplitudno moduliranog rastriranja temelji se na rasterskim elementima koji su međusobno jednako udaljeni jedni od drugih, ali svojim promjerom (ako je riječ o obliku točke) variraju ovisno o tome nalaze li se na tamnijim ili svjetlijim područjima reprodukcije (Slika 12.). Na tamnijim područjima točke su većeg promjera i na nekim mjestima se spajaju tvoreći puni ton (rastertonsko područje u 100% iznosu). Na svjetlijim područjima njihov promjer je manji i to do granice gdje uopće nisu prisutni (rastertonsko područje u 0% iznosu). Dakle, što je manji promjer točke to je područje svjetlije i obrnuto, što je promjer točke veći to je područje tamnije. Kako su točke poredane u jednu mrežu, njihova gustoća se može izraziti u linijama po centimetru lin/cm ili linijama po inču lin/in. To su jedinice kojima se opisuje linijatura rastera. Što

² Predavanja iz Reprodukcijske fotografije, Grafički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, a.g. 2009./2010.

je veća vrijednost to je veća zastupljenost rasterskih elemenata po jedinici dužine. Kada se otisak promatra s veće udaljenosti, rasterski elementi načinjeni od četiri procesne boje tvore reprodukciju koju ljudsko prepoznaje jednako kao i reprodukciju na zaslonu računala ili fotografiju. Ako se otisak promatra pod mikroskopom, uočavaju se uzorci rasterskih elemenata i reprodukcija više nije prepoznatljiva. Za različite grafičke proizvode koriste se različite linijature rastera ovisno o udaljenosti s kojih se promatraju. Za primjer se mogu usporediti visokokvalitetne reprodukcije u monografijama s jako velikim linijaturama rastera, dok se kod velikih oglasa na posterima uz cestu ili na zgradama koriste niske linijature rastera. Nedostatak amplitudno moduliranog rastera jest pojava moiré efekta koji nastaje preklapanjem uzoraka rastera s uzorkom s reprodukcije. Slijedeći problem ovog rastera je rozeta efekt koji nastaje preklapanjem uzoraka rastera procesnih boja. Njihova prisutnost je poželjna, ali se kod niskih linijatura rastera one dosta ističu i smetaju doživljaju reprodukcije i boja[7].

2.6.2. Frekventno modulirani raster

Za otkriće frekventno moduliranog (eng. *stochastic* ili stohastičkog) rastera (1965. godine) zaslužan je Karl Scheuter s Tehničkog Sveučilišta u Darmstadtu, Zapadna Njemačka. On svakako nije jedini koji je dao doprinos razvoju frekventno moduliranog rastera, nego je tu niz znanstvenika i događaja koji su potakli razvoj ove metode rastriranja. Jedan od njih je "*Monte Carlo metoda*" ili *Manhattan* projekt iz 1940. godine u kojem su amerikanci razvijali nuklearni program. Pri razvoju su se koristili računalnim algoritmom pomoću kojeg se provodilo uzorkovanje s nasumičnim ponavljanjem (Slika 13.). Širu komercijalnu primjenu u svrhu rastriranja ovaj matematički algoritam doživio je tek osamdesetih godina dvadesetog stoljeća otkrićem laserske diode i mikroprocesora koji su mogli obraditi potrebnu količinu podataka. To ujedno obuhvaća i pojavu *Computer to Plate* uređaja unutar *workflowa* grafičke industrije.



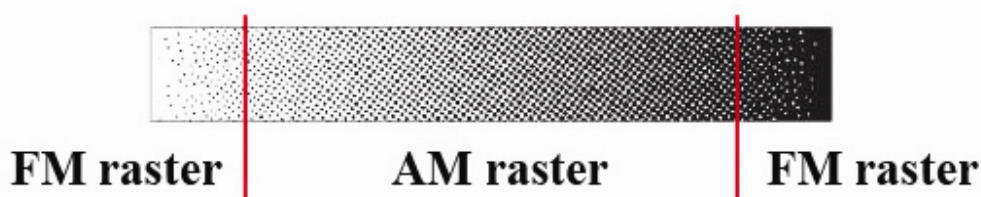
*Slika 13. Tonski raspon prikazan frekventno moduliranim rasterom
(izvor: <http://www.professionalprinting.com/fm-and-am-screening-comparison/>)*

Jednako kao i amplitudno modulirani raster, i frekventno modulirani raster koristi suptraktivnu sintezu boja kod realizacije reprodukcije. Razlika frekventno moduliranog rastera jest njegova nasumičnost. Naime, točkice ili rasterski elementi su međusobno jednakih dimenzija, ali nalaze na različitim udaljenostima ili su nasumično poredani po matematičkom algoritmu. Na mjestima gdje su njihove udaljenosti manje prevladavaju tamniji tonovi i obrnuto, gdje su njihove udaljenosti veće, prevladavaju svjetliji tonovi. Veličina rasterskog elementa frekventno moduliranog rastera kreće se od $10\mu\text{m}$ do $20\mu\text{m}$. Linijaturu kod frekventno moduliranog rastera je teško opisati uslijed nasumičnosti rasterskih elemenata. Linijatura ovog rastera se može objasniti kao broj rasterskih elemenata koji mogu stati unutar jedinice dužine. Ako je veličina rasterskog elementa frekventno moduliranog rastera $20\mu\text{m}$ tada se može reći da na dužini od jednog inča može stati otprilike 1270 rasterskih elemenata. Problematika ove metode rastriranja jest povećanje rasterskog elementa što utječe na doživljaj otiska (otisak izgleda tamnije). Zbog male veličine rasterskih elemenata, povećanje rasterskog elementa se ističe znatno više nego je to slučaj kod amplitudno moduliranog rastera. Frekventno modulirani raster ističe se po svojim pozitivnijim stranama. Naime, gamut boja je nešto veći nego kod amplitudno moduliranog rastriranja, a potrošnja bojila u procesu tiska je manja. Kod ove vrste rastriranja se ne javljaju efekti moiréa i rozete. I jedna i druga metoda rastriranja imaju svoje nedostatke zbog kojih se izbjegavaju ili prednosti zbog kojih se koriste, ovisno o kojem je grafičkom proizvodu riječ[7].

2.6.3. Hibridni raster

Treća metoda rastriranja kombinira spomenute dvije. Ta metoda rastriranja se naziva hibridno rastriranje (Slika 14.). Pomoću ove metode rastriranja pokušavaju se ukloniti

nedostaci pojedinačnih metoda. U hibridnim rasterima na područjima srednjih tonova prevladava amplitudno modulirani raster, a na područjima svijetlih i tamnih tonova je frekventno modulirani raster[8]. Prijelaz između dvije metode rastriranja je neprimijetan. Kombiniraju se tako da se rasterski element amplitudno moduliranog rastera smanjuje do minimalne veličine koja se može postići tom metodom ($20\mu\text{m}$), nakon kojeg se implementira frekventno modulirani raster koji popunjava područje do kraja svijetlih tonova. Vrijedi i obrnuto s tamnim tonovima, gdje je u srednjim tonovima prisutan rasterski element amplitudno moduliranog rastera koji se povećava do maksimalne veličine nakon koje se implementira frekventno modulirani raster koji popunjava područje tamnih tonova do kraja[9].

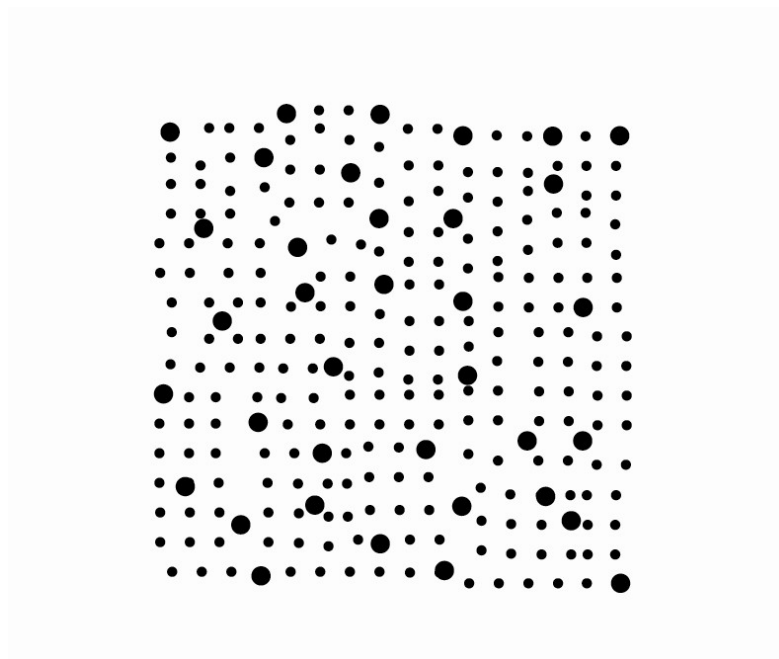


Slika 14. Tonski raspon prikazan hibridnim rasterom
(izvor: http://www.heidelberg.com/nz/www/en/content/articles/recent_news/newsletter/gen_0607/PM_screen)

Tvrtka Esko razvila je jednu vrstu hibridnog rastera posebno za tehniku fleksotiska. Taj raster nosi naziv *SambaFlex* i on je kombinacija amplitudno moduliranog i frekventno moduliranog rastera. Na srednjim se nalazi amplitudno modulirani, a frekventno modulirani raster na svijetlim i na tamnim dijelovima reprodukcije[10].

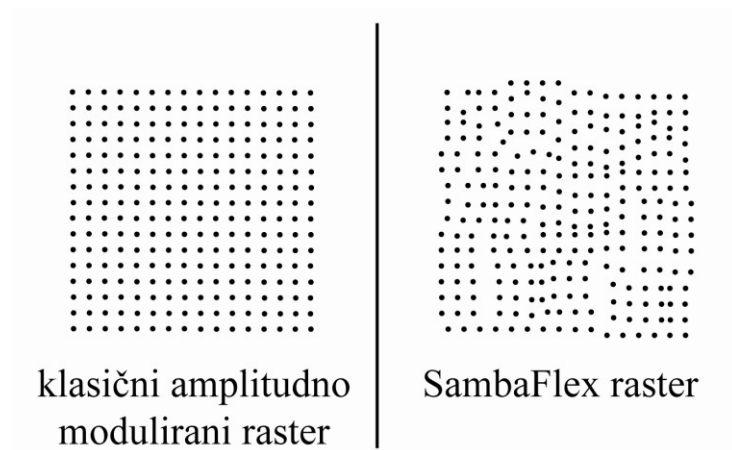
Prednosti ovog rastera nadilaze probleme koji se javljaju u fleksotisku. Često se događa slučaj da se svijetli tonovi ne reproduciraju ili se reproduciraju s povećanjem rasterskog elementa. Povećanje rasterskog elementa se događa kada je pritisak između temeljnog i tiskovnog cilindra prevelik ili je problem u karakteristikama aniloks valjka. Rješenje tog problema ostvareno je pomoću dodatnih tiskovnih elemenata na području svijetlih tonova koji sprječavaju upadanje manjih tiskovnih elemenata u čašice aniloks valjka i tako se izbjegava povećanje rasterskog elementa i prljanje otiska koje nastaje prevelikim nanašanjem bojila na tiskovnu podlogu (Slika 15.). Dodatni tiskovni

elementi su većih površina nego ostali i ujedno su veći od površine otvora čašica na aniloks valjku. Na taj način sprječavaju upadanje manjih tiskovnih elemenata u čašice aniloks valjka.



Slika 15. *SambaFlex* na niskim rastertonskim vrijednostima

Na srednjim tonovima se upotrebom frekventno moduliranog rastera često događa slučaj neravnomjernog tonskog prijelaza za što je odgovorno povećanje rasterskog elementa. Pomoću *SambaFlex*, upotrebom amplitudno moduliranog rastera na srednjim tonovima, to je uspješno riješeno, a povećanje rasterskog elementa moguće je predvidjeti. Rasterski elementi klasičnog amplitudno moduliranog rastera poredani su po uzorku s jednakim udaljenostima između središta tiskovnih elemenata. Kod *SambaFlex* rastera ti rasterski elementi djelomično odstupaju od zadanog uzorka, odnosno "plešu" oko središta određenih uzorkom (Slika 16.). Također je na tamnim tonovima izbjegnuto popunjavanje između otisnutih dijelova (eng. *fill-in*) pomoću frekventno moduliranog rastera, što se u protivnom uočava kao smanjenje kontrasta na otisku[11].



Slika 16. usporedba klasičnog amplitudno moduliranog rastera i SambaFlex rastera

3. EKSPERIMENTALNI DIO

Zahvaljujući napretku tehnologije, omogućeno je računalno praćenje grafičkog proizvodnog procesa u cijelosti. Pomoću računalne tehnologije se definiraju ulazne informacije, predstavljene virtualno na računalnom zaslonu, koje prolaskom kroz proizvodni proces trebaju generirati izlaznu informaciju približno istovjetnu zamišljenoj, odnosno ulaznoj informaciji. Izlaznu informaciju u ovom slučaju predstavlja finalizirani grafički proizvod. Kako bi ovaj naizgled jednostavan postupak bio sproveden u cijelosti, sukladan određenim standardima i klijentovim željama, mora biti praćen i, u slučaju pojave greški, korigiran. Radni tok (eng. *workflow*) je pojam kojim se opisuje praćenje od samog početka do konca proizvodnog procesa. Kada je riječ o istoj tehnici tiska, radni tok je u osnovi jednak za sve grafičke proizvode. Eksperimentalni dio ovoga rada konkretno je baziran na dijelu radnoga toka koji se odnosi na odjel pripreme.

3.1. Radni tok

Uz pojam radni tok usko je vezan i pojam CtP (eng. *Computer to Plate*). Pod tim pojmom se podrazumijeva da je radni tok automatiziran, odnosno za odjel pripreme to govori da se tiskovne forme izrađuju digitalnim putem. Način izrade tiskovne forme za fleksotisak CtP postupkom objašnjen je u poglavlju 2.4.4. ovoga rada.

Na samom početku izrađuje se digitalna verzija budućeg grafičkog proizvoda u PostScript datoteci. Ovaj postupak naziva se impozicija. Impozicijom se u računalnim programima za grafičko uređivanje slažu tekst, fotografije, ilustracije, vektorske grafike.

Montaža je slijedeći korak u kojem se stranice ili prirezi iz impozicije slažu na površinu tiskovne forme. Montaža se također obavlja u za to namijenjenim računalnim programima.

Glavni dio radnog toka u svakom odjelu pripreme je RIP (eng. *raster image procesor*) ili uređaj koji ima složen zadatak prerade digitalnog zapisa. To je zasebno računalo koje

je određeno za obavljanje specifičnih zadataka. Zadaci su podijeljeni u tri koraka. Prvi korak je interpretacija *PostScript* datoteke u kojoj se prepoznaju dijelovi reprodukcije poput teksta, fotografija, ilustracija, vektorskih grafika i slično. Slijedeći korak je takozvano renderiranje prepoznatih objekata na zadanu razlučivost za izlaznu datoteku. Treći korak je rastriranje svih ulaznih informacija odnosno izrada separacija za svaku procesnu boju posebno. Osim toga, RIP definira i kut rastriranja, razlučivost i oblik rasterskog elementa. Izlazna datoteka iz RIP-a je u *bitmap* zapisu i ona dalje odlazi na stroj za osvijetljavanje tiskovnih formi u kojem laser prepoznaje *bitmap* datoteku i zapisuje informacije na ploču.

3.2. Priprema uzoraka

Uzorci korišteni za eksperimentalni dio u ovom radu su MacDermid fotopolimerne ploče od čvrstog fotopolimera predoslojene LAMS slojem. Uzorci su podijeljeni u dvije kategorije. Prva kategorija uzoraka su ispisane ploče na kojima je uklonjen LAMS sloj samo na mjestima budućih tiskovnih elemenata, a druga kategorija uzoraka su gotove tiskovne forme. Motiv na uzorcima jest kontrolni klin za tiskovne forme tehnike fleksotiska DFTA-TZ.de V1.3V istoimene tvrtke DFTA. Uzorci su izrađeni u obrtničkoj tvrtci Rotoplast, Poduzetnička 7, Kerestinec, 10431 Sveta Nedelja.

Priprema uzoraka polazi od računalne pripreme gdje su u impoziciji posloženi kontrolni klinovi. Na impoziciju je postavljeno pet jednakih kontrolnih klinova s različitim vrijednostima koje su predstavljene u tablici 1. Kontrolni klin DFTA-TZ.de V1.3V sadržava rastertonska polja od 0%, 1%, 2%, 3%, 5%, 8%, 10%, 15%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 85%, 90%, 92%, 94%, 96%, 98% i 100% rastertonske vrijednosti, informacije o linijaturi rastera i nekoliko većih polja niskih i visokih rastertonskih vrijednosti.

Tabela 1. kategorije uzoraka

A	B	C	D
	LAMS	RTV	1% RTV, datoteka
1.	0,36	2%	6
uzorak	100	100%	piksela
2.	0,36	4%	12
uzorak	100	100%	piksela
3.	0,36	6%	18
uzorak	100	100%	piksela
4.	0,36	8%	24
uzorak	100	100%	piksela
5.	0,36	10%	29
uzorak	100	100%	piksela

Objašnjenje tabele 1.:

-u stupcu A su istaknuti brojevi uzoraka za obe kategorije uzorka

-stupac B predstavlja numeričke vrijednosti bez mjerne jedinice. To su minimalna i maksimalna vrijednost otvora na LAMS sloju koje se odnose na C stupac u kojem se nalaze pripadajuće rastertonske vrijednosti u računalnoj datoteci. B i C stupac su u takvom međuodnosu da su, primjerice, na 4. uzorku sve rastertonske vrijednosti koje se nalaze ispod 8% izjednačene iznosu rastertonske vrijednosti od 8%. Naime, sva područja rastertonskih vrijednosti do 8% na reprodukciji su jednakog tonaliteta.

-stupac D sadrži vrijednosti izražene u pikselima koje su prikupljene pomoću programa *Esko bitmap viewer*. Tako su izmjerene vrijednosti na rastertonskom području od 1% izražene u pikselima i time je objašnjeno od koliko se piksela u računalnoj datoteci sastoji jedan rasterski element na rastertonskom području od 1%.

Nakon što su definirane vrijednosti za svaki kontrolni klin zasebno, datoteka je spremna za RIP. Linijatura rastera za obje kategorije uzoraka je 60 lin/cm koja se smatra vrlo visokom za fleksotisak. Nakon RIP-a datoteka je spremna za ispis na ploču.

1



2



3



4



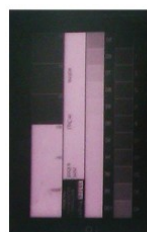
5



6



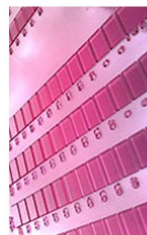
7



8



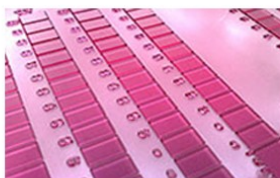
9



10



11



Slika 17. Tijek izrade tiskovne forme
 (izvor: a.) http://www.dataplate.ee/index_en.html
 b.) <http://andersonvreeland.com/portfolio/esko-artwork-the-cdi-spark-4260>
 c.) <http://www.grafikus.com.pl/gra/oferta/flekso/urzadzenia-do-przygotow/duPont-cyrel-seria-1000/2418,NaswietlarkaSuszarkaFinisher-DuPont-Cyrel-1000-ECDLF.html>)

Tijek izrade tiskovne forme u koracima (objašnjenje slike 17.):

1. Neosvijetljena ploča s LAMS slojem.
2. korak-predekspozicija: ploča sa LAMS slojem je osvijetljena sa stražnje strane pod UVA svjetlom u trajanju od 45 sekundi kako bi se fotopolimerizirao donji sloj ploče. Stroj na kojem je osvijetljivana je Cyrel 1000 ECDLF.
3. Ploča s LAMS slojem osvijetljena sa stražnje strane.
4. Ispisivanje informacije na ploču. Stroj korišten za ispis je Esko Artwork CDI Spark 4835.
5. Ploča sa zaostalim LAMS slojem i dijelovima na kojima je uklonjen (budući tiskovni elementi).

NAPOMENA: u ovom dijelu je izrađena prva kategorija uzoraka. Za izradu druge kategorije uzoraka nastavljen je postupak izrade tiskovne forme.

6. Glavna ekspozicija u trajanju od 8 minuta pod UVA svjetlom u stroju Cyrel 1000 ECDLF.
7. Ploča s neuklonjenim LAMS slojem koja je osvijetljena sa stražnje i prednje strane.
8. Odsijecanje viška i perforacija te razvijanje ploče na stroju BASF Nyloflex Combi F III.
9. Tiskovna forma vlažna od postupka razvijanja.
10. Sušenje tiskovne forme na temperaturi od 63°C u trajanju od 2 sata te postekspozicija u trajanju od 4 minute.
11. Gotova tiskovna forma spremna za tisak.

3.3. Uređaji za izradu tiskovne forme

Uređaji koji su se koristili za izradu uzoraka ili tiskovnih formi su slijedeći:

1. DuPont™ Cyrel® 1000 ECDLF, stroj za osvijetljavanje ploče (Slika 18.). Koristi se za predekspoziciju, glavnu ekspoziciju i postekspoziciju. U njemu se također i suše tiskovne forme. Za ekspozicije (predekspozicija i glavna ekspozicija) se koriste 24

UVA svjetiljke, a za postekspoziciju se koristi 20 UVA i 19 UVC svjetiljki. Ispod ladica za osvijetljavanje se nalaze četiri ladice za sušenje tiskovnih formi[12].



Slika 18. DuPont™ Cyrel® 1000 ECDLF

(izvor: <http://www.grafikus.com.pl/gra/oferta/flekso/urzadzenia-do-przygotow/dupont-cyrel-seria-1000/2418,NaswietlarkaSuszarkaFinisher-DuPont-Cyrel-1000-ECDLF.html>)

2. EskoArtwork CDI Spark 4835, uređaj za ispis ploče (Slika 19.). Na ovom uređaju se pomoću lasera postupkom ablacije skida LAMS sloj s ploče. Ispisivanje je po principu vanjskog bubnja na kojeg se ploča pričvršćuje pomoću vakuumu ili magneta, ako je u pitanju ploča s metalnom podlogom. U stroju se nalazi jedan laser za ispis[13].



Slika 19. EskoArtwork CDI Spark 4835

(izvor: <http://andersonvreeland.com/portfolio/esko-artwork-the-cdi-spark-4260>)

3. BASF Nyloflex Combi F III je uređaj za razvijanje tiskovnih formi te perforaciju i dimenzioniranje (rezanje viška tiskovne forme). U ovom uređaju se pomoću četki i otapala skida preostali LAMS sloj i nefotopolimerizirani dijelovi ploče. Osim razvijanja u ovom uređaju se forma i ocijedi od suvišnog preostalog razvijача, iako je potrebno dodatno sušenje u stroju namijenjenom za to. Parametri poput temperature razvijача i visine četki su podesivi, a moguće je koristiti razvijаче različitih proizvođača[14].

3.4. Uređaji za mjerenje razine kvalitete tiskovne forme

Za instrumentalne metode praćenja i kontrole kvalitete tiskovne forme se koriste različiti uređaji. Najčešće su to uređaji poput denzitometara, mikroskopa te skenera koji su u mogućnosti snimiti tiskovnu formu za fleksotisak i prikazati ju u trodimenzionalnom prikazu na zaslonu računala. Prvi od spomenutih uređaja bio bi *vipFLEX* proizvođača *x-rite* (Slika 20.). *VipFLEX* je uređaj kojim se snimaju transparentne tiskovne forme za fleksotisak. Ovaj uređaj se spaja na računalo, stoga uz njega dolazi i program *PlateQuality Flexo* pomoću kojeg se prikupljaju i spremaju izmjerene vrijednosti s tiskovne forme. Pomoću ovog uređaja moguće je snimiti i ostale vrste tiskovnih formi kao što su tiskovne forme za plošni tisak (pozitivske i negativske), transparentne tiskovne forme za fleksotisak te fotopolimerne ploče s LAMS slojem koji je prethodno uklonjen laserskom ablacijom na mjestima budućih tiskovnih elemenata. Također je moguće i snimanje filmova (pozitiva i negativa), otisaka te plastičnih folija. Uređaj može snimati tiskovne forme s AM i FM rasterima te hibridnim rasterima na niskim i visokim rastertonskim vrijednostima. Pomoću programa *PlateQuality Flexo* moguće je očitati slijedeće vrijednosti: pokrivenost površine (%), promjer rasterskog elementa, linijaturu rastera, debljinu linije, rub tiskovnog elementa, površinu oko tiskovnih elemenata (slobodnu površinu), *mottling* (površine na punim tonovima koje ne prenose bojilo na tiskovnu podlogu). Tehnologija koja se nalazi u uređaju se sastoji od senzora ili kamere koja snima s razlučivošću od 10000 piksela po inču na površini od 1,5x1,1 mm. Izvor svjetlosti su tri RGB LED diode. Raspon linijature rastera koju prepoznaje ovaj uređaj kreće se od 32 lin/cm do 60 lin/cm. Napajanje električnom energijom je putem *USB* kabla. Za kalibraciju uređaja koristi se *vipFLEX Target* koji dolazi zajedno s uređajem. Prikupljene vrijednosti se mogu prikazati grafički pomoću krivulja ili snimiti kao izlazna datoteka za vizualno promatranje snimljenog dijela tiskovne forme[15,16].



*Slika 20. VipFLEX, uređaj za mjerenje razine kvalitete tiskovne forme
(izvor: http://www.colour-control.com/farbmessung/druckplattenmessgeraet/vipflex/vipflex_de.htm)*



*Slika 21. AniCAM Troika, uređaj za mjerenje razine kvalitete tiskovne forme
(izvor: <http://www.providentgrp.com/anicam.htm>)*

Slijedeći uređaj koji se ističe po svojim funkcijama mjerenja tiskovne forme za fleksotisak je AniCAM 3D skenirajući mikroskop proizvođača Troika (Slika 21.). Ovo je uređaj za mjerenje razine kvalitete tiskovnih formi za fleksotisak, duboki tisak te aniloks valjaka. Uređaj je kompaktnog oblika i prilično lagan i prenosiv (2,20 kg). Konstrukcija uređaja je takva da može mjeriti ravne površine i zakrivljene poput cilindra ili valjaka. Elektromotori koji se nalaze unutar uređaja precizni su u mikronskim pomacima kamere po okomici. Kako bi se predočila trodimenzionalna površina, kamera snima fotografije na različitim udaljenostima od tiskovne forme. Računalni program koji dolazi uz ovaj uređaj slaže trodimenzionalni prikaz pomoću

izoštrenih dijelova na fotografijama koje su snimljene na različitim udaljenostima od površine. Izoštreni dijelovi fotografije predstavljaju slojeve snimljenih površina na kojima se nalaze dijelovi tiskovne forme u istoj ravnini. Slaganjem tih slojeva snimljenih površina sa izoštrenim dijelovima dobiva se trodimenzionalni prikaz tiskovne forme na zaslonu računala. Izvori svjetlosti su LED žaruljice, a kombiniraju se dvije vrste svjetlosti: snop svjetlosti koji pada okomito na mjerenu površinu i radijalna svjetlost koja se simulira s dva reda LED žaruljica poredanih u krug oko otvora za snimanje površine. Snop svjetlosti pada okomito na mjerenu površinu i istim putem se reflektira prema kameri. Ova vrsta svjetlosti značajna je kod automatskog izoštravanja i isčitavanja mjerene površine. Radijalna vrsta svjetlosti emitirana iz ukupno 18 LED žaruljica služi za obasjavanje čašica na mjerenoj površini za što točnija očitavanja. Pomoću ovog uređaja na tiskovnim formama za fleksotisak može se izmjeriti linijatura (lin/cm, lin/in) tiskovne forme, rastertonska vrijednost, dubina reljefa tiskovne forme s poprečnim presjekom tiskovnog elementa, simulacija tlačenja tiskovne forme za fleksotisak, mjerenje dimenzija tiskovnih elemenata te kut rastriranja. Uz uređaj dolaze tri optičke leće za povećanja od 4, 10 i 20 puta[17,18].

Mikroskopi su uređaji koji su zastupljeni u gotovo svim znanostima koje se bave proučavanjem materije čiji se detalji ne raspoznaju golim okom. Jednako tako su potrebni i u grafičkoj industriji kada je u pitanju promatranje rasterskih elemenata pod velikim povećanjima. Mikroskop koji se koristio za istraživanja u ovom radu je Olympus BX51 (Slika 22.). Ovaj mikroskop je moguće spojiti na računalo i promatrati uzorak pod povećanjem putem računalnog zaslona ili preko dva okulara optičkim putem. Pomoću CCD kamere se mogu dobiti fotografije visokih razlučivosti i spremiti u digitalnom zapisu (format .jpg, .tif itd.) za kasnija promatranja. Povećanja pod kojima se mogu promatrati uzorci ovise o optičkim lećama koje se mogu nabaviti zasebno, ovisno o potrebi istraživanja. Obično se koriste leće za povećanja od 5 do 100 puta. Uz uređaj dolazi i upravljač pomoću kojeg se stol s uzorkom, za lakše izoštravanje slike, pomiče po okomici za mikrometarske korake[19].



*Slika 22. Mikroskop Olympus BX 51
(izvor: <http://forum.mikroscopia.com/topic/5250-olympus-bx51/>)*

4. REZULTATI

U poglavlju 3. Eksperimentalni dio, spomenute su dvije kategorije uzoraka koje se odnose na ploču s LAMS slojem i gotovu tiskovnu formu. Na oba uzorka se nalazi isti motiv, odnosno testni klin s rastertonskim vrijednostima na kojima su provedena mjerenja. U rezultatima su prikazani dijagrami na kojima se nalaze krivulje izmjerenih vrijednosti površina tiskovnih elemenata na tiskovnoj formi te površine otvora na LAMS sloju. Za lakše predstavljanje i očitavanje izmjerenih vrijednosti, na dijagrame je dodana kontrolna linija pod kutem od 45° koja predstavlja "idealni" prijenos nominalnih vrijednosti na površinu tiskovne forme.

Nominalne vrijednosti se odnose na idealan prijenos vrijednosti u reprodukcijском sustavu. Idealna krivulja u svim fazama reprodukcije; počevši od računalne pripreme, preko RIP-a, uređaja za ispis, osvjetljavanja, razvijanja i konačno gotove tiskovne forme; predstavlja prijenos svih, informacija od početka do kraja kroz spomenute medije. Idealnu krivulju je iznimno teško održati kroz spomenute stadije proizvodnog procesa i to je razlog zašto se koriste korekcijske krivulje koje te vrijednosti dovode što bliže idealnim. U realnom reprodukcijском sustavu u pripremu datoteke potrebno je i uračunati korekciju prijenosa rastertonskih vrijednosti koja se odnosi na tip tiskovne podloge te ostale sastavnice reprodukcijског sustava.

Cilj upotrebe korekcijskih krivulja jest ispravak rastertonskih vrijednosti tiskovne forme kako bi rastertonske vrijednosti na otisku odgovarale željenim[20].

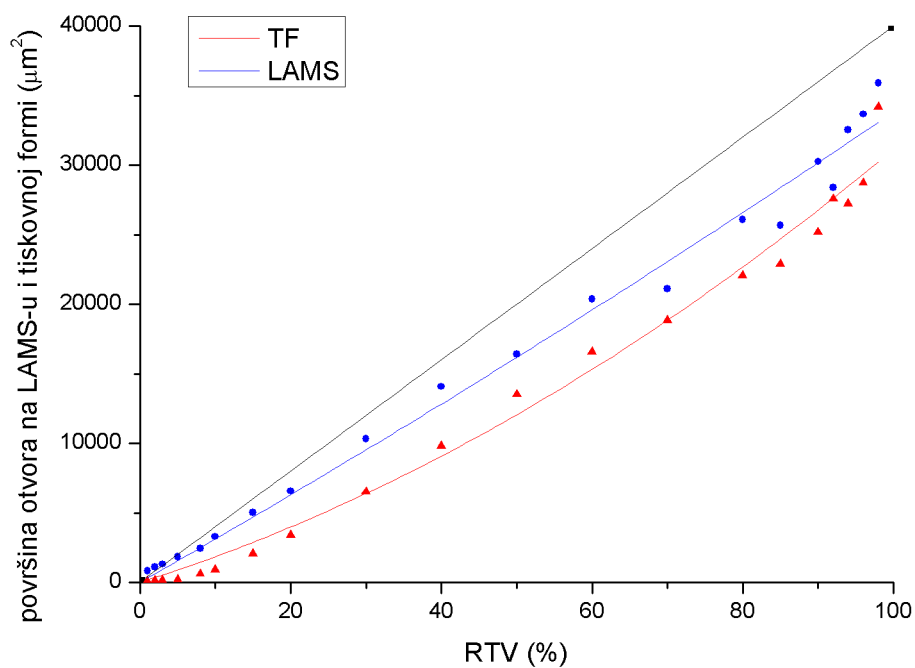
U tehnici fleksotiska javlja se još jedan problem u rastertonskom području. Radi se o niskim rastertonskim vrijednostima, odnosno minimalnoj reproduciranoj točki ili rasterskom elementu. Uzrok ovog problema je osvjetljavanje fotopolimerne ploče kroz masku, u ovom slučaju LAMS. Ako je otvor na LAMS-u premalih dimenzija, postoji mogućnost da se tiskovni element ne realizira na tiskovnoj formi, ili je formiran tako da nema sposobnost prijenosa bojila na tiskovnu podlogu. Na otisku se to očituje kao nepostojanje svjetlijih područja reprodukcije, izostanak niskih rastertonskih vrijednosti (eng. *drop off*). Kako bi se spriječio izostanak niskih rastertonskih vrijednosti, koriste se takozvane *bump up* krivulje. *Bump up* krivulje služe ispravljanju reprodukcijске krivulje

na području svijetlih tonova. To bi značilo povećavanje otvora na LAMS sloju (eng. *bumping*). Primjerice, tiskovni element 1% rastertonske vrijednosti realizirao bi se kroz otvor veličine 7% rastertonske vrijednosti na LAMS-u[21].

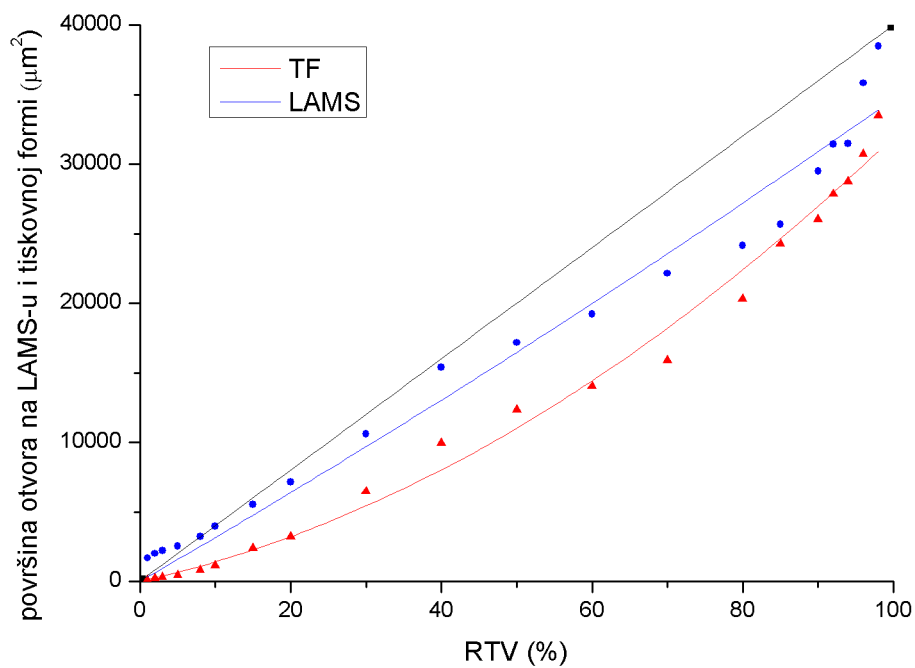
U slijedećim dijagramima predstavljene su vrijednosti mjerenja dobivene pomoću mikroskopa na kojem su izmjerene vrijednosti površine tiskovnih elemenata na tiskovnoj formi i površine otvora na ploči oslojenoj LAMS-om. Zbog ograničenih mogućnosti VipFLEX uređaja, pri snimanju tiskovne forme uspješno su prikupljene vrijednosti zastupljenosti tiskovnih elemenata samo na rastertonskom području od 10% do 50%, stoga te vrijednosti nisu prikazane dijagramima.

Kako bi se jasnije uočila primjena *bump up* krivulja, na slijedećim dijagramima (1. do 5.) prikazane su krivulje LAMS-a i tiskovnih formi u odnosu nominalnih rastertonskih vrijednosti naspram površine otvora na LAMS-u i površine tiskovnih elemenata na tiskovnoj formi. Potvrda očekivanom rezultatu očituje se na dijagramu 6. gdje su prikazane krivulje odnosa površine tiskovnog elementa i rastertonskih vrijednosti kod tiskovnih formi izrađenih s različitim *bump up* krivuljama te dijagram 7. na kojem su prikazane krivulje odnosa površine otvora na LAMS uzorcima i rastertonskih vrijednosti na uzorcima izrađenih s različitim *bump up* krivuljama. Što je primijenjena *bump up* krivulja s većim vrijednostima, to je površina minimalnog tiskovnog elementa veća.

Na dijagramu 1. na području niskih rastertonskih vrijednosti, posebno na području od 1% do 5% RTV-a, tiskovni elementi nisu formirani bez obzira na to što se krivulja LAMS-a preklapila s idealnom krivuljom. Na tiskovnoj formi vrijednosti od 1% do 5% se nalaze položeni na osi apcise, iz čega se može pretpostaviti da se proces fotopolimerizacije nije proveo u potpunosti.

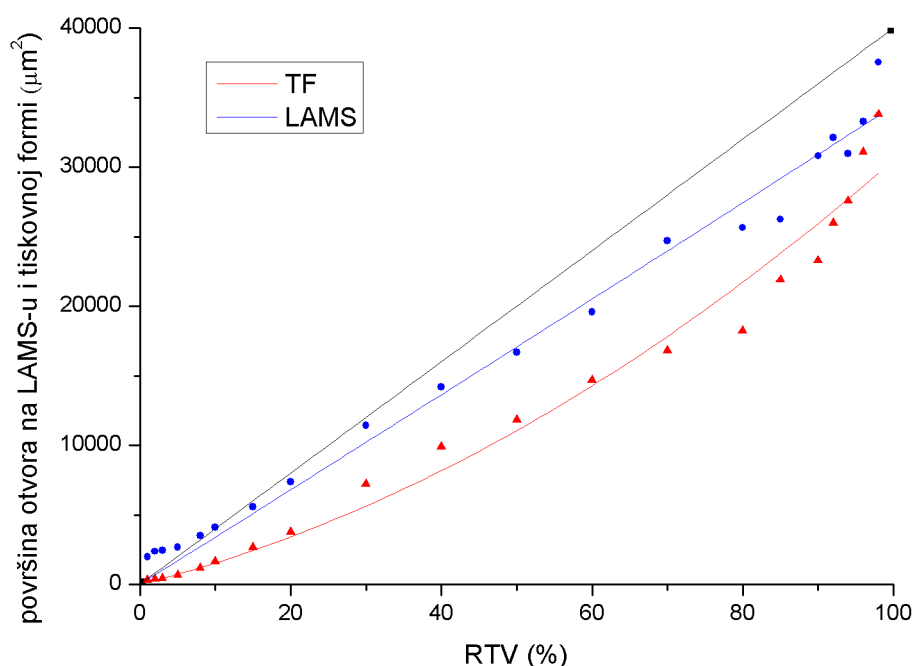


Dijagram 1. Krivulje ovisnosti nominalnih vrijednosti pokrivenosti površina i površine otvora na LAMS-u, odnosno površine tiskovnog elementa na tiskovnoj formi, 2. bump up krivulja



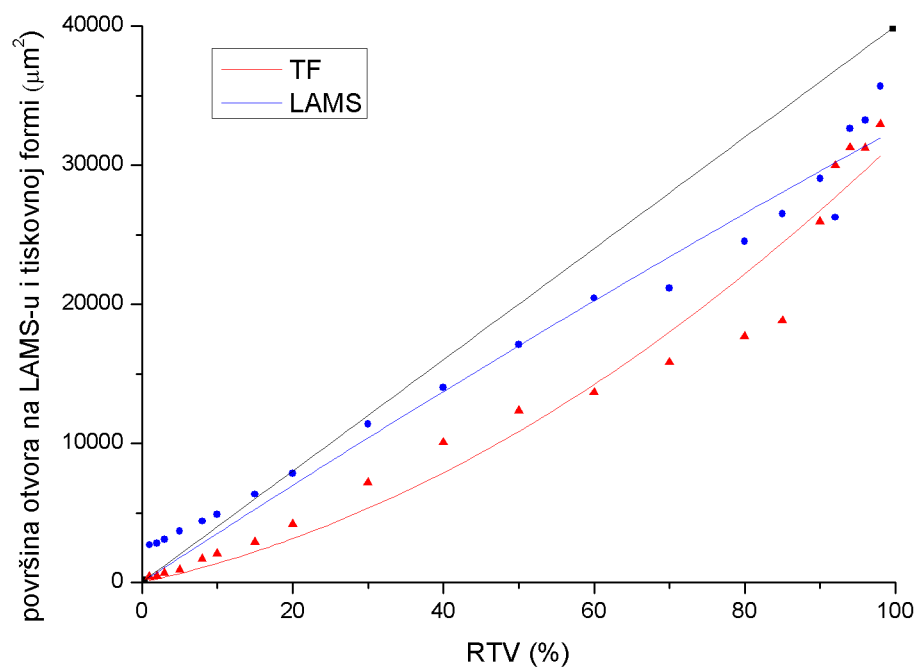
Dijagram 2. Krivulje ovisnosti nominalnih vrijednosti pokrivenosti površina i površine otvora na LAMS-u, odnosno površine tiskovnog elementa na tiskovnoj formi, 4. bump up krivulja

Rast LAMS krivulje se očituje na dijagramu 2. gdje se na rastertonskom području od 1% do 5% krivulja LAMS-a nalazi iznad idealne krivulje. Očigledno i dalje nisu dovoljne vrijednosti otvora na LAMS-u za formaciju tiskovnih elemenata na tom rastertonskom području. S druge strane, na području srednjih tonova se očituje znatan porast u vrijednostima otvora LAMS-a i sukladno tome i površine tiskovnog elementa na tom rastertonskom području.



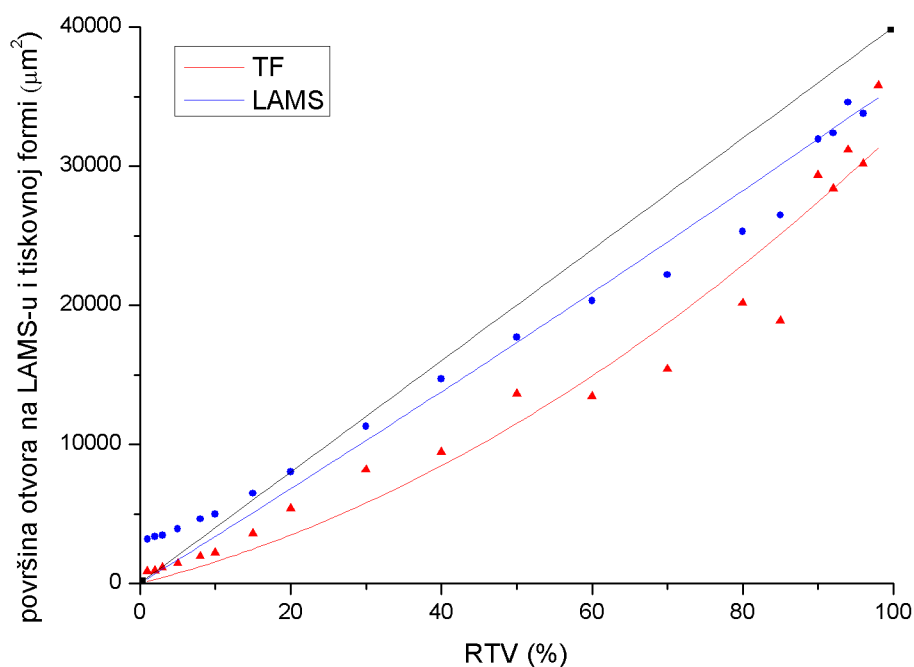
Dijagram 3. Krivulje ovisnosti nominalnih vrijednosti pokrivenosti površina i površine otvora na LAMS-u, odnosno površine tiskovnog elementa na tiskovnoj formi, 6. bump up krivulja

Dijagrami 3. i 4. se u osnovi ne razlikuju mnogo, osim na području tamnih tonova. Na tim dijagramima se na području niskih rastertonskih vrijednosti krivulje LAMS-a nalaze iznad idealnih krivulja, gdje se primjećuje rast vrijednosti površina tiskovnih elemenata na područjima od 1%, 2%, 3% i 4% RTV-a. Na dijagramu 4., na području tamnih tonova, površina tiskovnih elemenata je nešto veća nego je to slučaj s vrijednostima na istom području prikazanih u dijagramu 3.



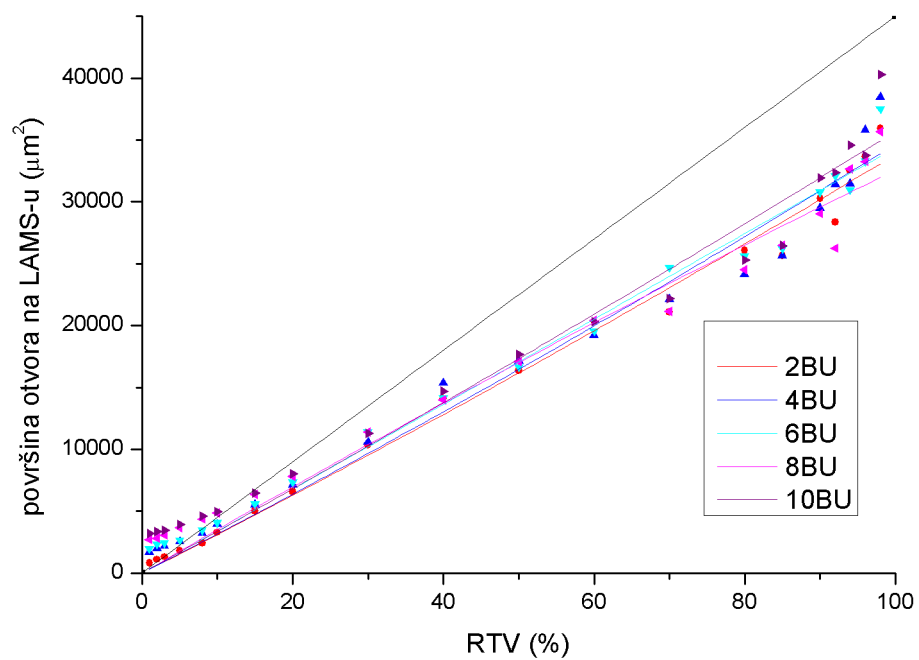
Dijagram 4. Krivulje ovisnosti nominalnih vrijednosti pokrivenosti površina i površine otvora na LAMS-u, odnosno površine tiskovnog elementa na tiskovnoj formi, 8. bump up krivulja

Dijagram 5. prikazuje zadovoljavajuće vrijednosti površina tiskovnih elemenata na kritičnim područjima rastertonskih vrijednosti od 1% do 5%. Vidljivo je da se vrijednosti na području svijetlih tonova razlikuju od vrijednosti prikazanih u prethodnim dijagramima. To bi značilo da su se rasterski elementi, na tiskovnoj formi, na područjima od 1% do 5% dovoljno dobro formirali kako bi ispunili funkciju prijenosa bojila na tiskovnu podlogu.

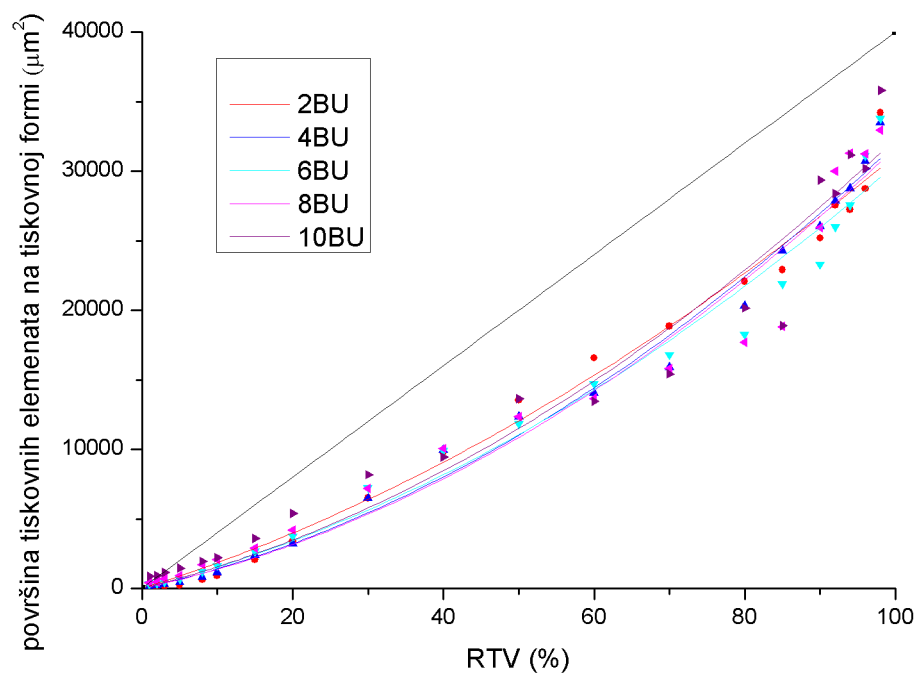


Dijagram 5. Krivulje ovisnosti nominalnih vrijednosti pokrivenosti površina i površine otvora na LAMS-u, odnosno površine tiskovnog elementa na tiskovnoj formi, 10. bump up krivulja

Na dijagramima 6. i 7. predstavljene su *bump up* krivulje tiskovne forme (dijagram 7.) i LAMS-a (dijagram 6.) kako bi se njihova međusobna promjena vrijednosti i povezanost lakše uočila. Za razliku od dijagrama 7., na dijagramu 6. se očituje se jače izražen trend rasta vrijednosti otvora LAMS-a na području svijetlih tonova, nego povećanje pokrivenosti površine tiskovne forme (dijagram 7.). Također, na dijagramu 6. vidljiva su znatnija odstupanja izmjerenih površina otvora na LAMS sloju.



Dijagram 6. Izmjerene vrijednosti površine otvora na LAMS uzorcima, 0-100% RTV

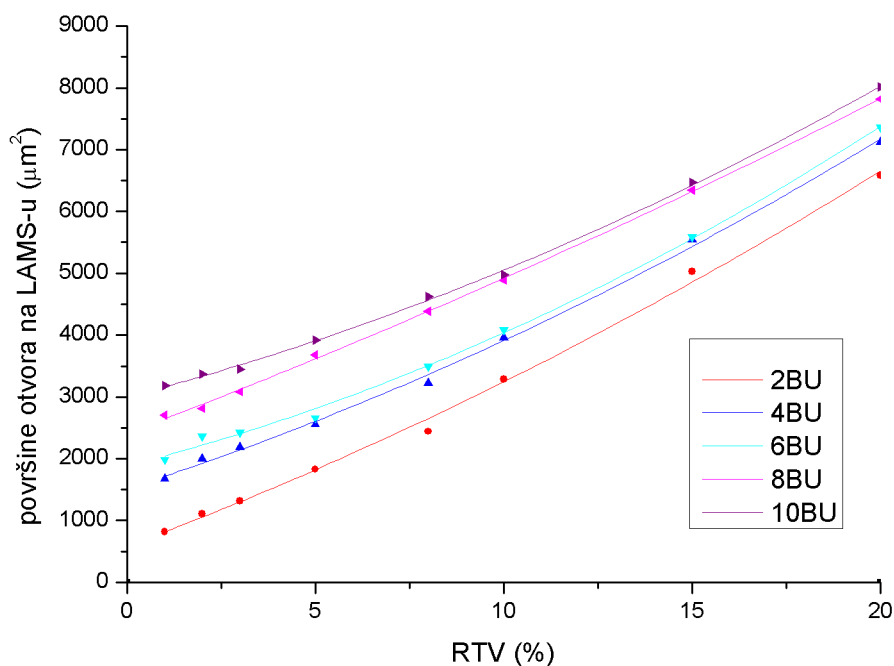


Dijagram 7. Izmjerene vrijednosti površine tiskovnih elemenata na tiskovnoj formi, 0-100% RTV

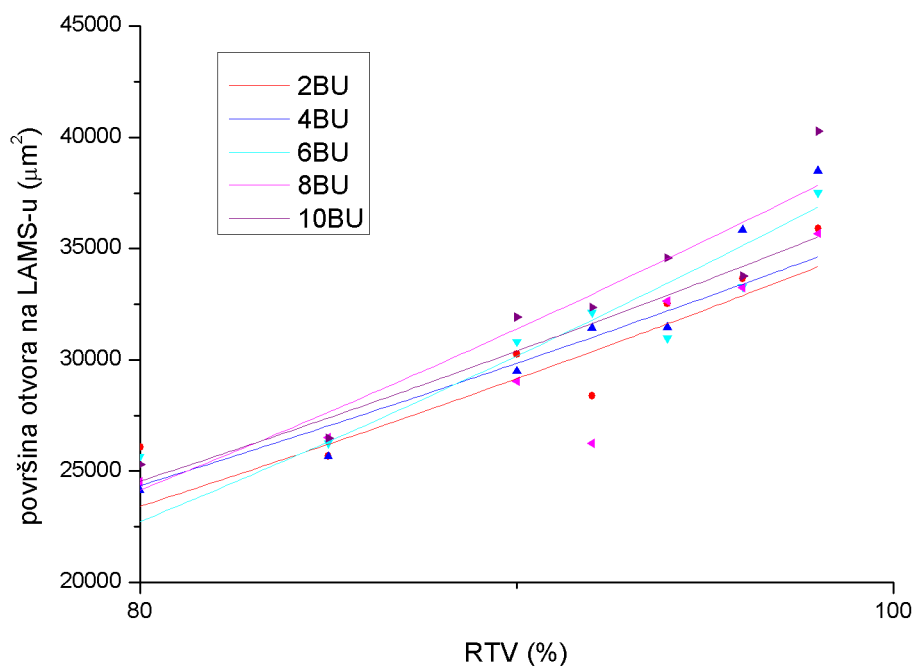
5. DISKUSIJA

Na temelju dobivenih rezultata pokazalo se da osim formiranja tiskovnih elemenata u svijetlim tonovima dolazi do znatnog odstupanja u području tamnih tonova. Iz tog razloga sljedeći dijagrami (8 – 11) prikazuju utjecaj primijenjenih *bump up* krivulja na formiranje površine otvora u LAMS sloju kao i na formiranje površine tiskovnih elemenata.

Na dijagramima 8. i 9. prikazane su vrijednosti površine otvora na LAMS uzorcima na područjima svijetlih tonova (dijagram 8.) i području tamnih tonova (dijagram 9.). Na dijagramu 8. uočava se trend rasta vrijednosti otvora na LAMS-u, što nije slučaj kod vrijednosti na tamnijim područjima (dijagram 9.), gdje se te vrijednosti "rasipaju" oko aproksimirane krivulje. Uzrok tom "rasipanju" mogu se protumačiti kao greške prilikom mjerenja na uređaju ili kao greška računalnog programa za obradu prikupljenih podataka. Također, budući da do znatnijih odstupanja dolazi kod svih uzoraka, moguće je zaključiti da korištenje *bump up* krivulja nije uzrok tim promjenama.

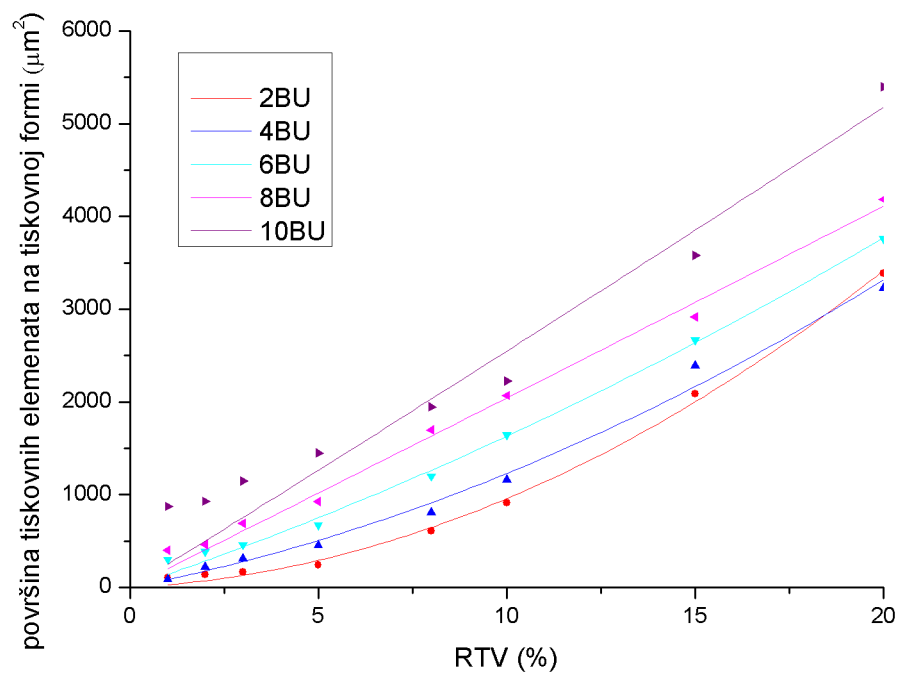


Dijagram 8. Izmjerene vrijednosti površine otvora na LAMS uzorcima, 0-20% RTV

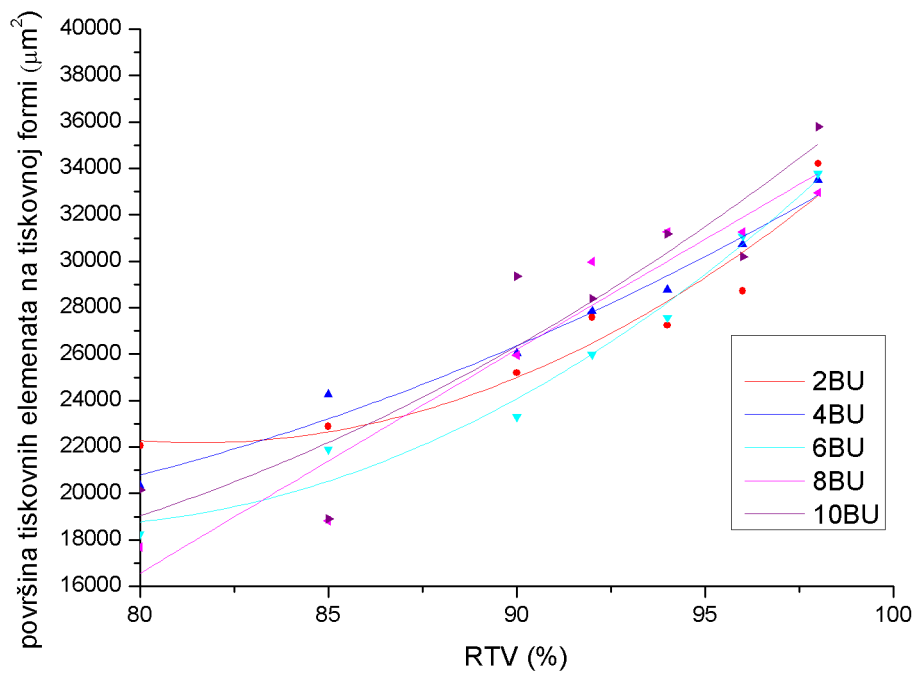


Dijagram 9. Izmjerene vrijednosti površine otvora na LAMS uzorcima, 80-100% RTV

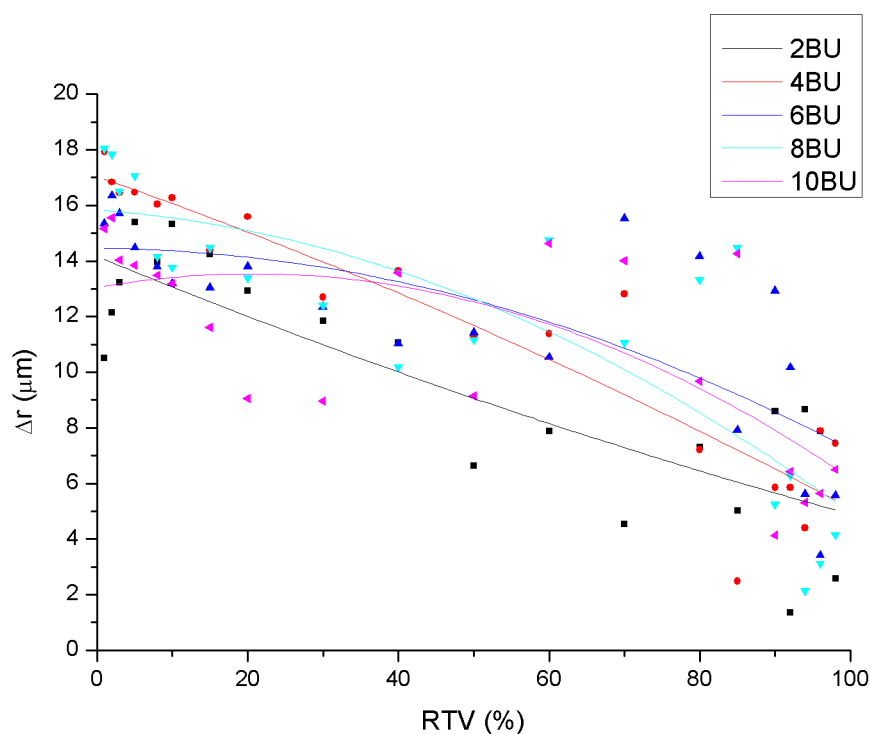
Dijagrami 10. i 11. prikazuju izmjerene vrijednosti površine tiskovnih elemenata na tiskovnim formama na svijetlim područjima (dijagram 10.) i tamnim područjima (dijagram 11.). Na dijagramu 10. se uočava trend rasta površina tiskovnih elemenata na svijetlim područjima, od donje krivulje (2BU) koja prikazuje vrijednosti površina tiskovnih elemenata, koje su manje u odnosu na gornju krivulju (10BU). Donja krivulja ujedno prikazuje vrijednosti površina tiskovnih elemenata koji se nisu formirali na zadovoljavajući način, i može se pretpostaviti da nemaju ili imaju vrlo slabu funkciju prijenosa bojila na tiskovnu podlogu. Dijagram 11. prikazuje vrijednosti površina tiskovnih elemenata na tamnim područjima čije se krivulje približavaju jednakim vrijednostima sukladno rastu rastertonskih vrijednosti.



Dijagram 10. Izmjerene vrijednosti površine tiskovnih elemenata na tiskovnim formama, 0-20% RTV



Dijagram 11. Izmjerene vrijednosti površine tiskovnih elemenata na tiskovnim formama, 80-100% RTV



Dijagram 12. Razlika polumjera otvora na LAMS uzorcima i polumjera tiskovnih elemenata na tiskovnim formama

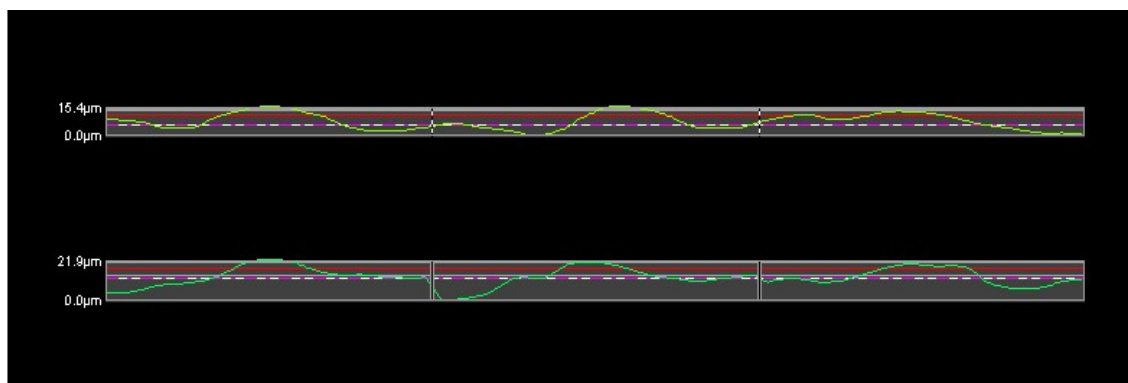
Na dijagramu 12. su prikazane krivulje koje su aproksimacija vrijednosti razlike polumjera otvora na LAMS-u i polumjera tiskovnih elemenata na tiskovnim formama. Na y-osi se nalaze vrijednosti izražene u mikrometrima koje su rezultat formule:

$$\Delta r = r_{\text{LAMS}} - r_{\text{tiskovna forma}} \quad (1)$$

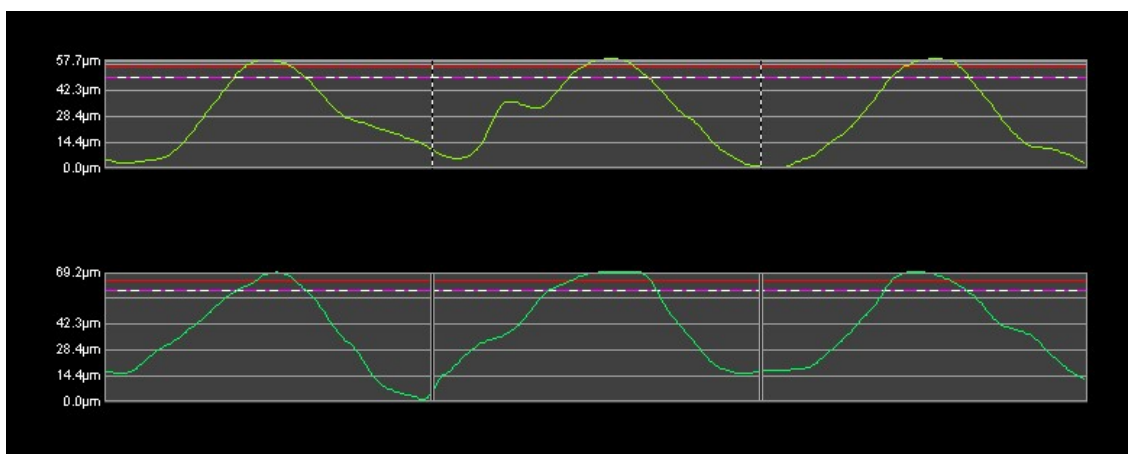
Aproksimacijske krivulje jednostavniji su prikaz razlika kroz rastertonske vrijednosti za razliku od točaka koje se "rasipaju" oko krivulja. Odstupanje tih vrijednosti se može pripisati pogrešci uređaja za mjerenje ili pogrešci računalnog programa za obradu podataka. Naime, na osnovu krivulja dijagrama se može uočiti smanjenje razlika u promjerima između otvora na LAMS-u i promjera tiskovnog elementa na tiskovnoj formi sukladno rastu rastertonskih vrijednosti. Dakle, većim otvorom na LAMS-u propušta se više energije zračenja koja fotopolimerizira fotoaktivni sloj. Posljedica je, osim kontrakcije fotopolimera, ujedno i podkopiravanje. Utjecaj podkopiravanja izraženije je kod nižih stupnjeva *bump up* krivulja (2, 4).

Presjek tiskovnog elementa vjerojatno je najbolji prikaz razlika između tiskovnih formi na kojima su primijenjene različite *bump up* krivulje. Pravilno formiran tiskovni element treba imati ravan vrh, odnosno istaknutu površinu koja prenosi bojilo na tiskovnu podlogu. Bridovi tiskovnog elementa trebaju se širiti prema dnu kako bi osigurali stabilnost tiskovnog elementa pri pritisku na tiskovnu podlogu.

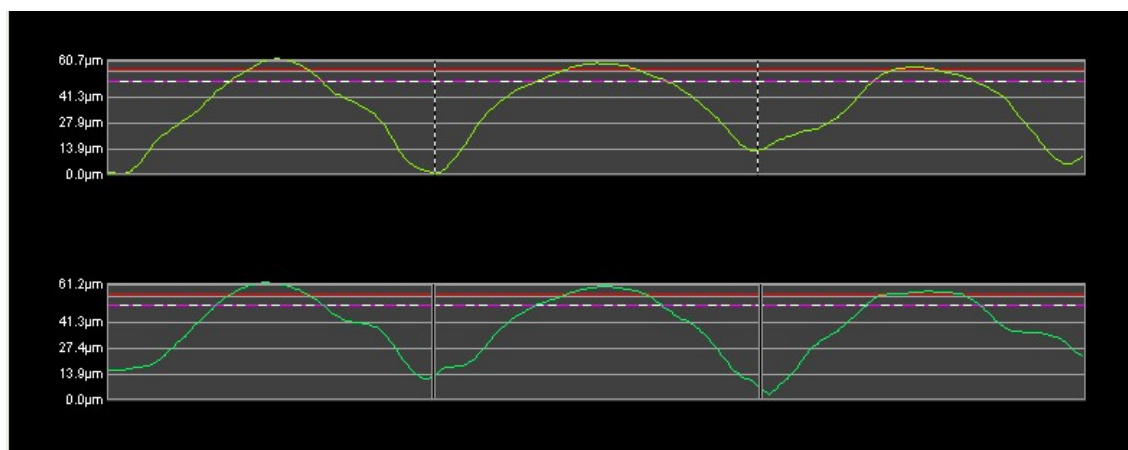
Na slikama 23., 24. i 25. prikazani su presjeci rastertonskog polja od 1% na tiskovnim formama izrađenim prema 2. (slika 30.), 6. (slika 31.) i 10. (slika 32.) *bump up* krivulji. Na slikama se jasno uočava razlika u formiranim tiskovnim elementima na rastertonskom području od 1% na tiskovnim formama na kojima su primijenjene različite *bump up* krivulje. Ovi presjeci su značajni jer prikazuju formirani tiskovni element na veoma maloj rastertonskoj vrijednosti. Na slikama se također mogu uočiti ravne površine (vrhovi tiskovnih elemenata) zadužene za prijenos bojila na tiskovnu podlogu. Slike 24. i 25. prikazuju tiskovne elemente koji su pravilno formirani i čiji oblik pri pritisku na tiskovnu podlogu osigurava stabilnost tiskovnog elementa.



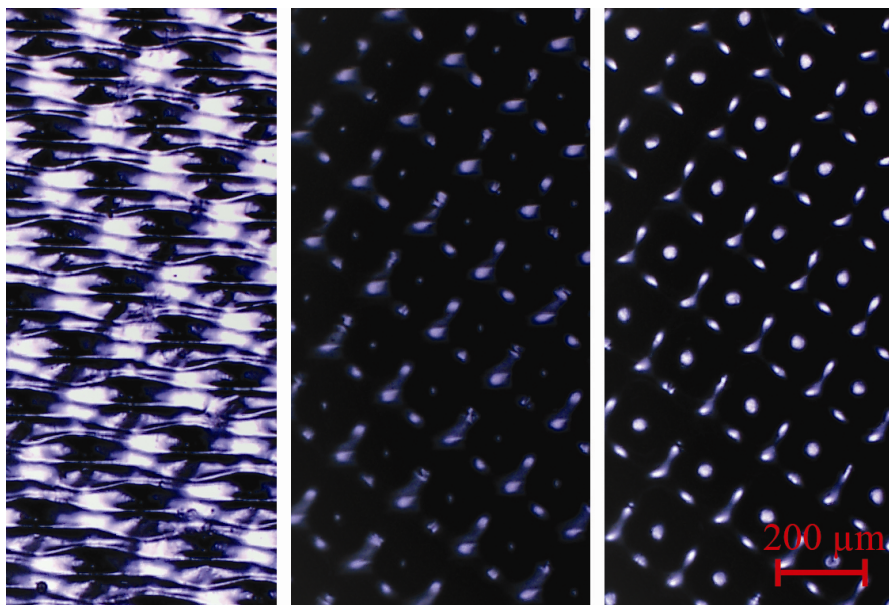
Slika 23. Presjek tiskovnih elemenata od 1% na tiskovnoj formi izrađenoj prema 2. bump up krivulji



Slika 24. Presjek tiskovnih elemenata od 1% na tiskovnoj formi izrađenoj prema 6. bump up krivulji



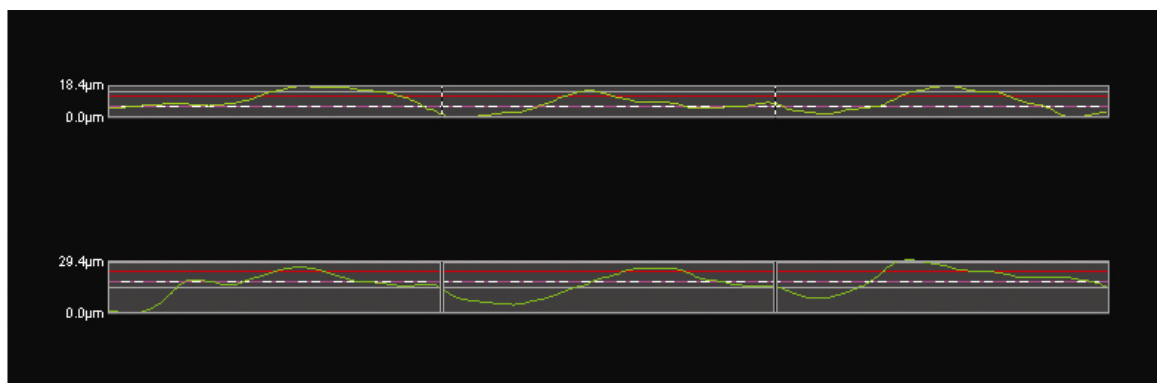
Slika 25. Presjek tiskovnih elemenata od 1% na tiskovnoj formi izrađenoj prema 10. bump up krivulji



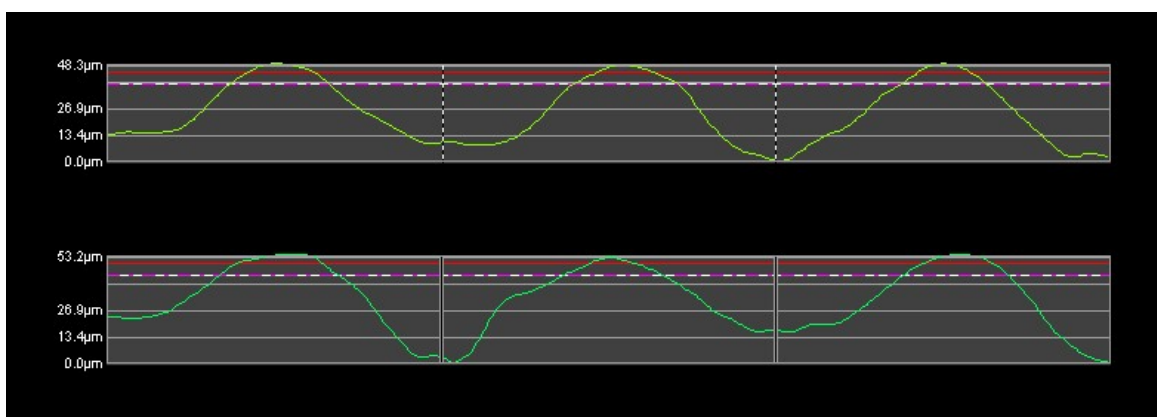
Slika 26. Snimke tiskovnih elemenata od 1% na tiskovnoj formi izrađenoj primjenom tri različite bump up krivulje (lijevo 2. bump up krivulja, u sredini 6. bump up i desno 10. bump up krivulja)

Na slici 26. prikazano je rastertonsko polje od 1% na uzorcima koji su izrađeni s tri različite *bump up* krivulje. Na lijevom dijelu slike se teško uočavaju tiskovni elementi, za razliku od srednjeg i desnog dijela slike gdje se uočavaju razlike promjene dimenzija tiskovnih elemenata upotrebom različitih *bump up* krivulja.

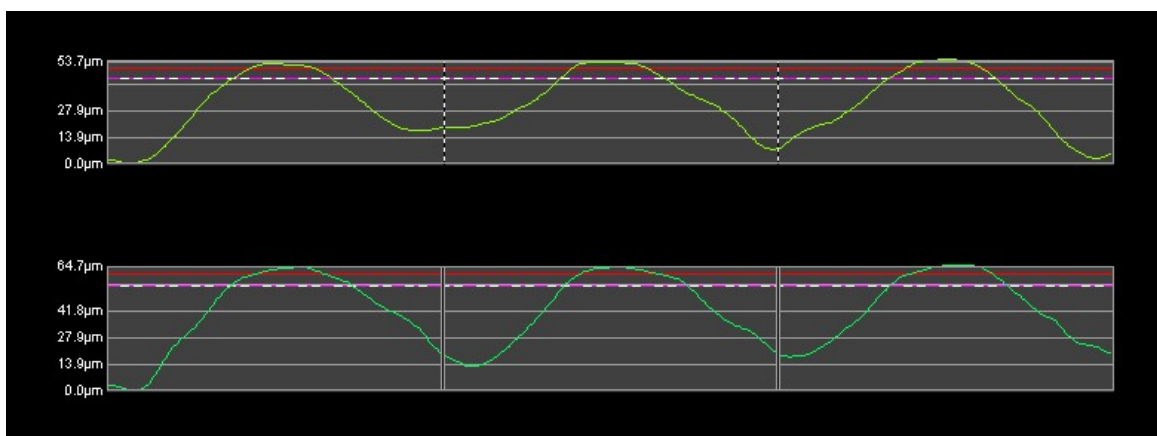
Na slikama 27., 28. i 29. prikazani su presjeci rastertonskog polja od 5% na tiskovnim formama izrađenim prema 2. (slika 25.), 6. (slika 26.) i 10. (slika 27.) *bump up* krivulji. Na slikama se jasno uočava razlika u formiranim tiskovnim elementima na rastertonskom području od 5% na tiskovnim formama na kojima su primijenjene različite *bump up* krivulje. Slika 27. prikazuje presjek tiskovnih elemenata koji nisu formirani na zadovoljavajući način i čija je funkcija prijenosa bojila na tiskovnu podlogu upitna. Naime, slike 27. i 28. prikazuju presjeke tiskovnih elemenata koji su formirani na zadovoljavajući način i čiji oblik upućuje na stabilnost tiskovnog elementa prilikom pritiska između temeljnog i tiskovnog cilindra.



Slika 27. Presjek tiskovnih elemenata polja od 5% na tiskovnoj formi izrađenoj prema 2. bump up krivulji

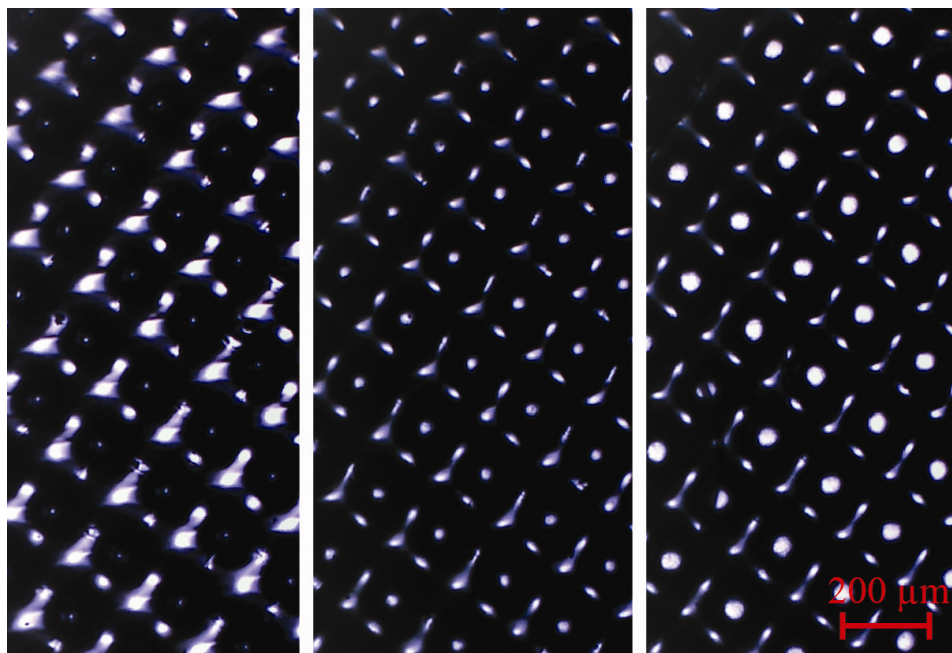


Slika 28. Presjek tiskovnih elemenata od 5% na tiskovnoj formi izrađenoj prema 6. bump up krivulji



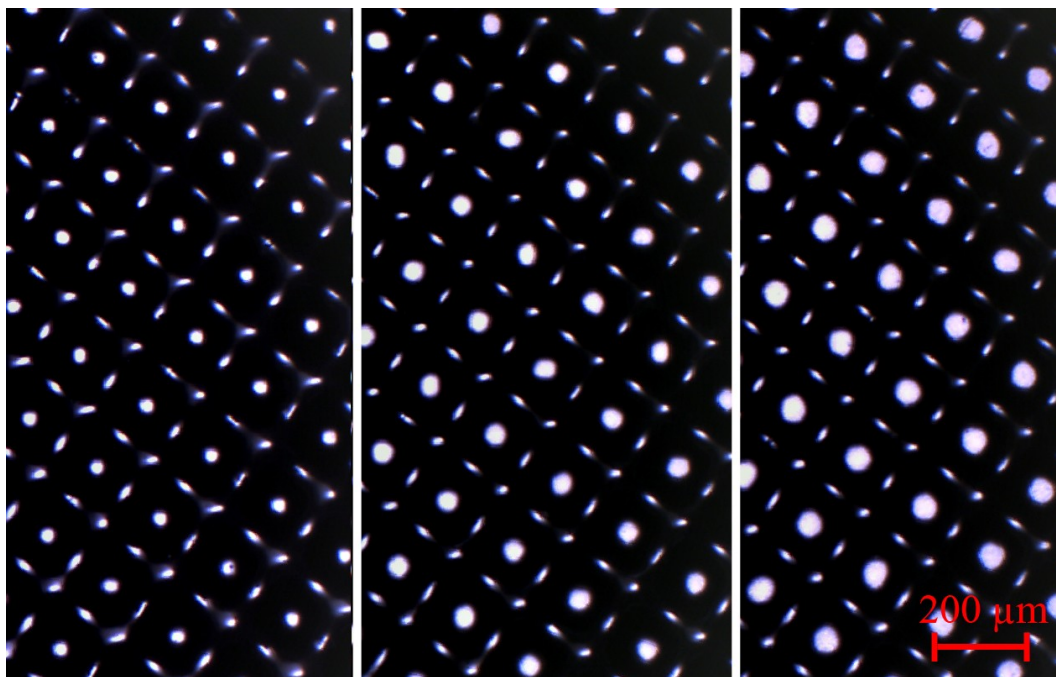
Slika 29. Presjek tiskovnih elemenata od 5% na tiskovnoj formi izrađenoj prema 10. bump up krivulji

Na slici 30. prikazano je rastertonsko polje od 5% na uzorcima koji su izrađeni s tri različite *bump up* krivulje. Na njima se uočavaju značajne razlike u dimenzijama tiskovnih elemenata između uzoraka (lijevi i desni dio slike) koji su izrađeni s različitim *bump up* krivuljama.

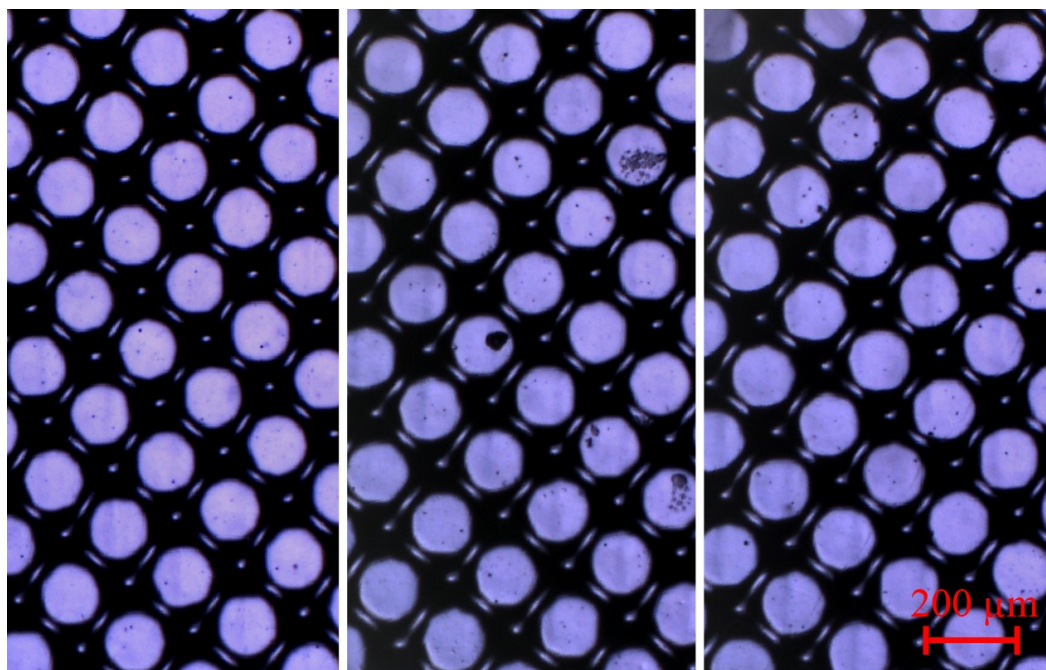


Slika 30. Snimke tiskovnih elemenata od 5% na tiskovnoj formi izrađenoj primjenom tri različite bump up krivulje (lijevo 2. bump up krivulja, u sredini 6. bump up i desno 10. bump up krivulja)

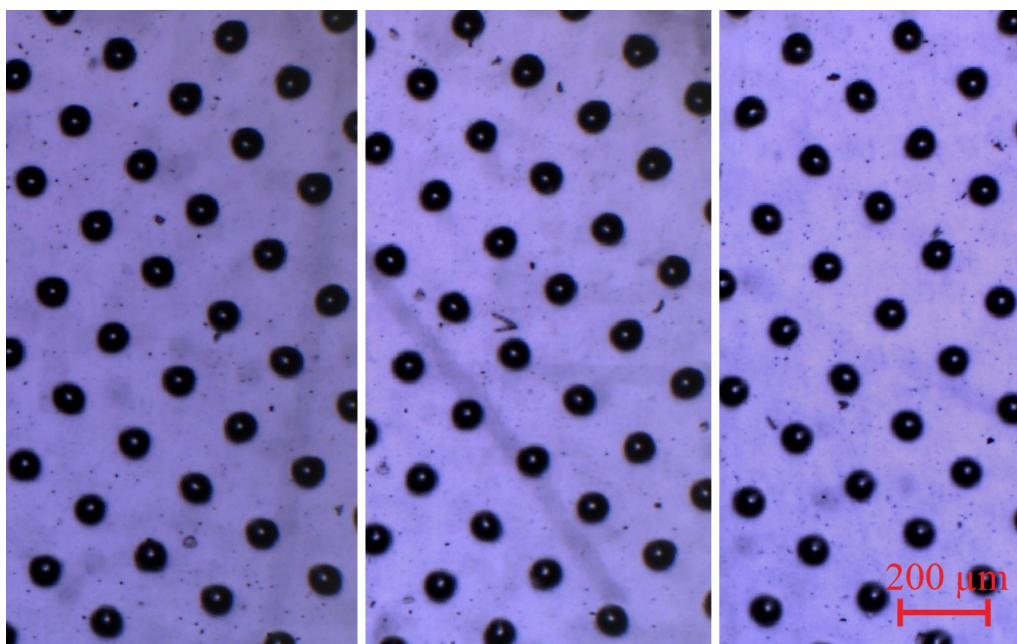
Na slici 31. tiskovni elementi, na području rastertonske vrijednosti od 10%, su oštrijih i jasnijih rubova nego je to slučaj s tiskovnim elementima koji se vide na slikama 30. i 26. Isti je slučaj i sa srednjim rastertonskim vrijednostima, što se vidi na slici 32. gdje je prikazano rastertonsko područje od 50%, ali su razlike između uzoraka izrađenih različitim *bump up* krivuljama neprimjetne.



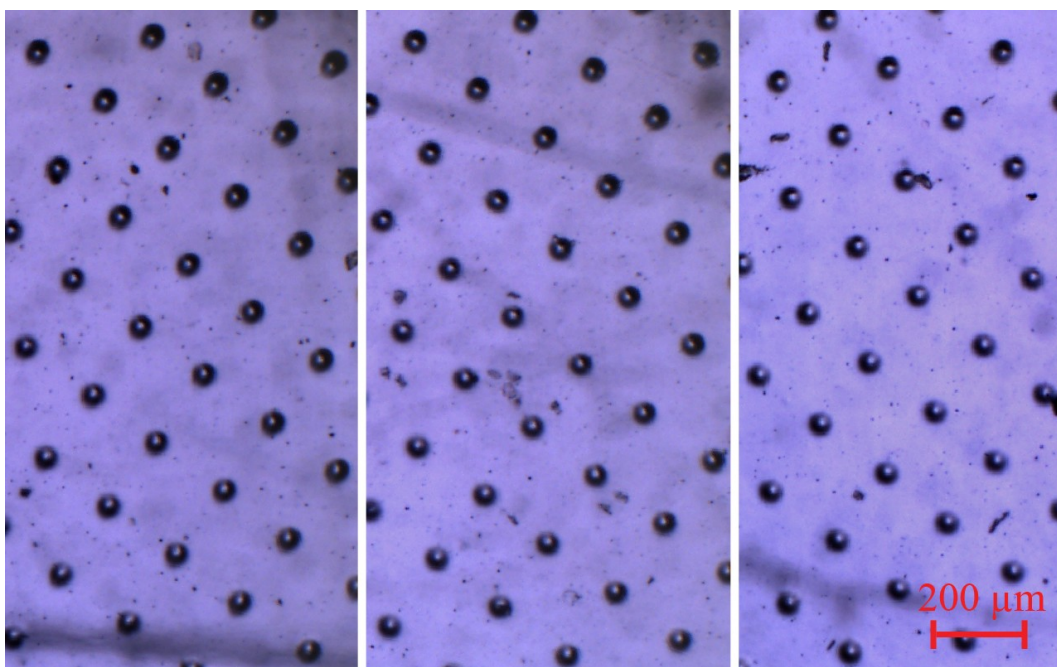
Slika 31. Snimke tiskovnih elemenata od 10% na tiskovnoj formi izrađenoj primjenom tri različite bump up krivulje (lijevo 2. bump up krivulja, u sredini 6. bump up i desno 10. bump up krivulja)



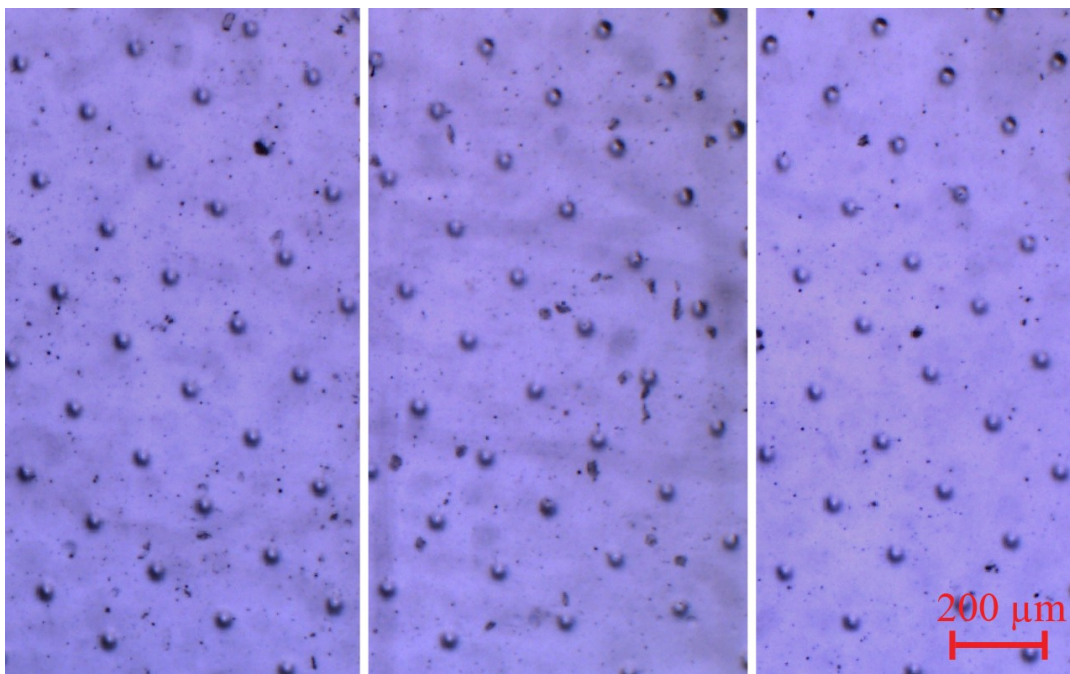
Slika 32. Snimke tiskovnih elemenata od 50% na tiskovnoj formi izrađenoj primjenom tri različite bump up krivulje (lijevo 2. bump up krivulja, u sredini 6. bump up i desno 10. bump up krivulja)



Slika 33. Snimke tiskovnih elemenata od 90% na tiskovnoj formi izrađenoj primjenom tri različite bump up krivulje (lijevo 2. bump up krivulja, u sredini 6. bump up i desno 10. bump up krivulja)



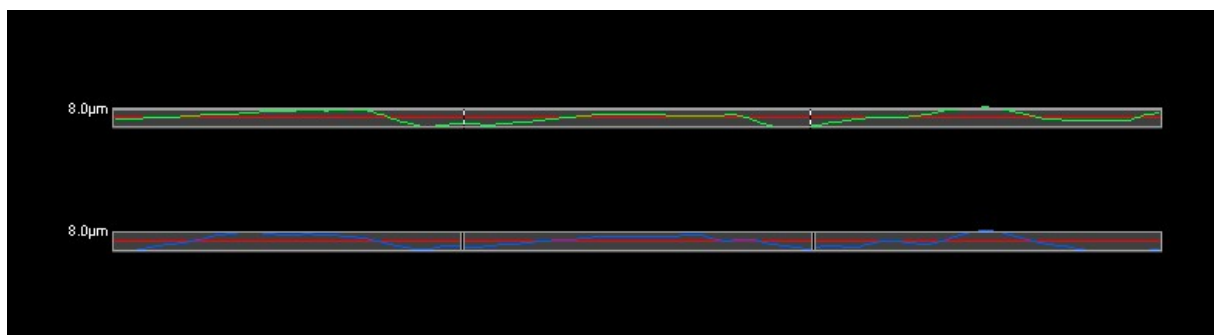
Slika 34. Snimke tiskovnih elemenata od 96% na tiskovnoj formi izrađenoj primjenom tri različite bump up krivulje (lijevo 2. bump up krivulja, u sredini 6. bump up i desno 10. bump up krivulja)



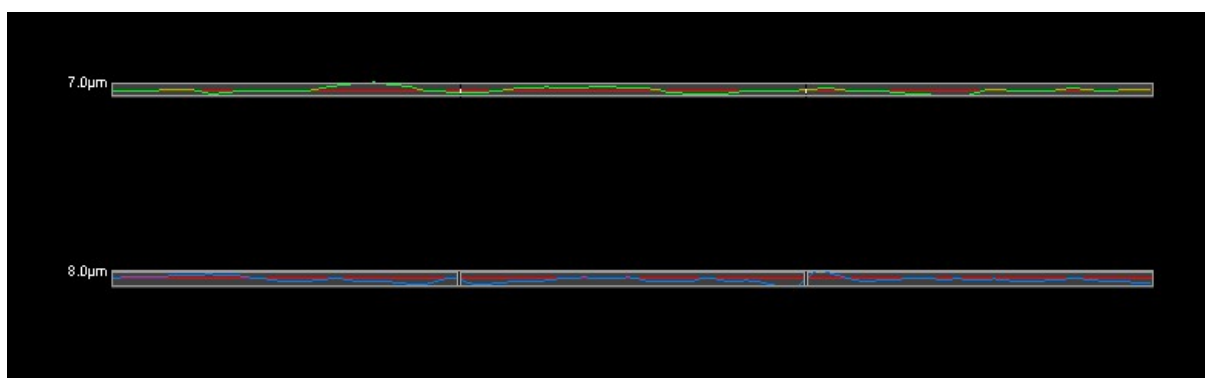
Slika 35. Snimke tiskovnih elemenata od 98% na tiskovnoj formi izrađenoj primjenom tri različite bump up krivulje (lijevo 2. bump up krivulja, u sredini 6. bump up i desno 10. bump up krivulja)

Na slikama 33., 34. i 35. prikazane su rastertonske vrijednosti od 90%, 96% i 98%. Razlike na tim slikama, između tiskovnih elemenata nastalih primjenom različitih *bump up* krivulja su zanemarive jer su otvori iznimno velikih površina u odnosu na zaostali LAMS sloj. Takvi prikazi potvrđuju pretpostavku da *bump up* krivulje nemaju značajan utjecaj na formiranje tiskovnih elemenata u području tamnih tonova.

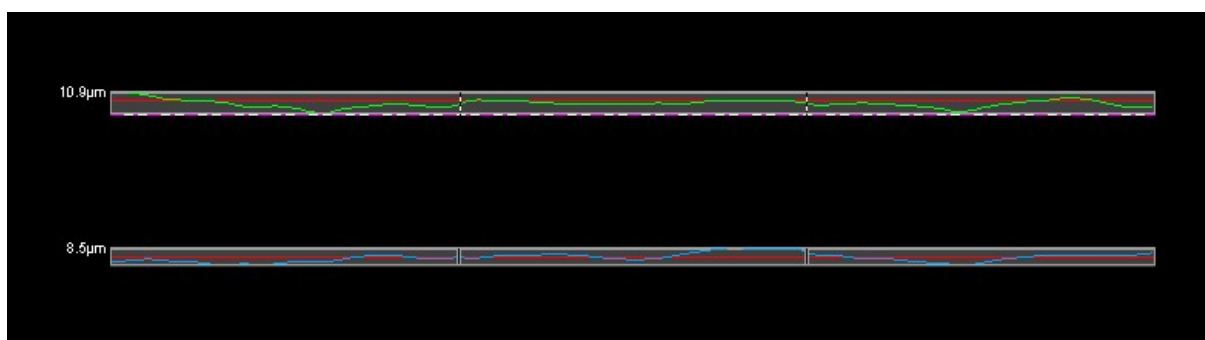
Kao prikaz presjeka tiskovnih elemenata, na tamnim tonovima, izrađenih različitim *bump up* krivuljama, za primjer su slike 36., 37. i 38. Na tim snimkama se vrlo teško uočavaju razlike između tiskovnih i slobodnih površina. Tiskovni elementi na rastertonskim vrijednostima na tamnijim područjima nisu se formirali na zadovoljavajući način. Prilikom pritiska, prijenos bojila s tiskovnih elemenata na tiskovnu podlogu, na tamnijim područjima, može biti povećan, što rezultira smanjenjem kontrasta na otisku.



Slika 36. Presjek tiskovnih elemenata od 98% na tiskovnoj formi izrađenoj prema 10. bum up krivulji



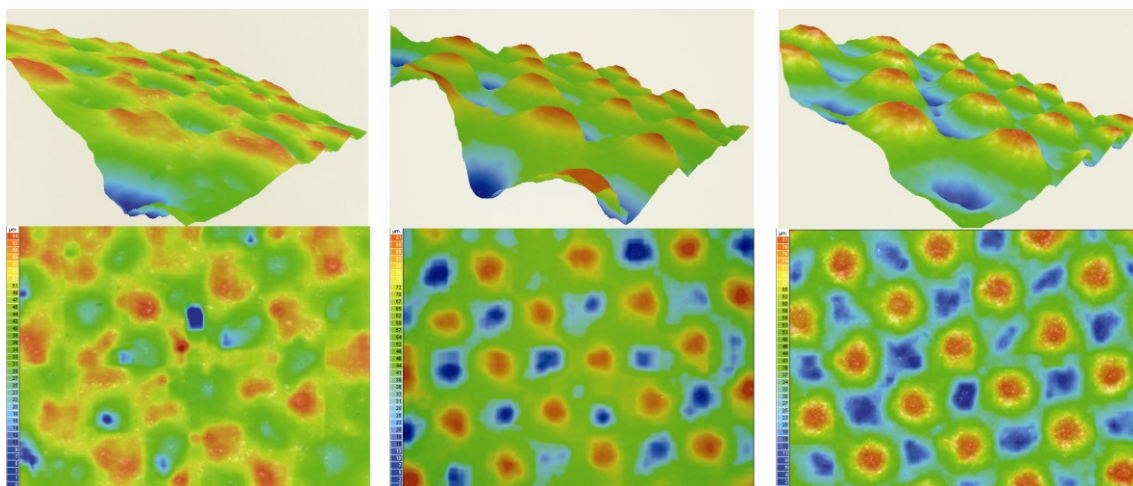
Slika 37. Presjek tiskovnih elemenata od 98% na tiskovnoj formi izrađenoj prema 10. bum up krivulji



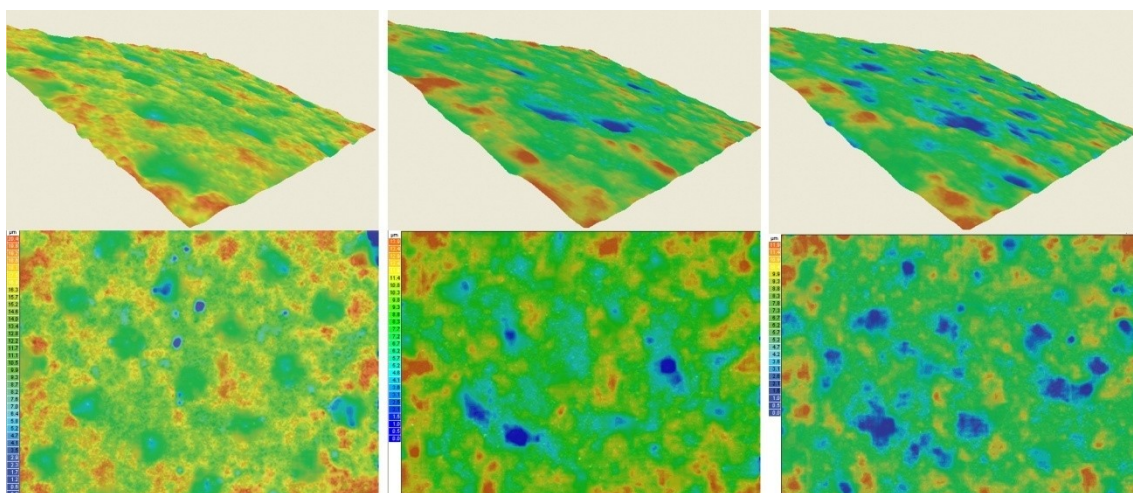
Slika 38. Presjek tiskovnih elemenata od 98% na tiskovnoj formi izrađenoj prema 10. bum up krivulji

Na slikama 39. i 40. su 3D i 2D prikazi rastertonskih područja na kojima su visine, radi jednostavnijeg razaznavanja, obojane pri čemu su najniži dijelovi površine tiskovne forme obojani u plavu boju, dok su najviši dijelovi obojani u crvenu boju. Usporednim promatranjem obje slike uočava se razlika formiranja tiskovnih elemenata na svijetlim i

tamnim dijelovima rastertonskog područja. Tako se na svijetlim dijelovima tiskovni elementi, izrađeni većom vrijednosti *bump up* krivulja, formiraju jasnije nego je to slučaj s tamnijim dijelovima rastertonskog područja, gdje se razlike između tiskovnih i slobodnih površina teško razaznaju. Na tim tamnijim dijelovima, prilikom pritiska, ostvaruje se veći prijenos bojila na tiskovnu podlogu što čini otisak tamnijim, odnosno kontrast se smanjuje na području viših rastertonskih vrijednosti.



Slika 39. 3D i 2D prikaz snimljene površine tiskovne forme na površini od 5% od kojih je svaka izrađena s različitim *bump up* krivuljama (lijevo 2. *bump up* krivulja, u sredini 6., a desno 10. *bump up* krivulja)



Slika 40. 3D i 2D prikaz snimljene površine tiskovne forme na površini od 92% od kojih je svaka izrađena s različitim *bump up* krivuljama (lijevo 2. *bump up* krivulja, u sredini 6., a desno 10. *bump up* krivulja)

6. ZAKLJUČCI

U ovom radu su predstavljena istraživanja na pločama oslojenim LAMS-om te tiskovnim formama na kojima su primijenjene različite *bump up* krivulje. Iz izmjerenih vrijednosti koje su prikazane dijagramima, snimkama snimljenih na mikroskopu te 3D snimaka, jasno se uočavaju razlike između primijenjenih *bump up* krivulja različitih vrijednosti. Pomoću *bump up* krivulja ispravljani su nedostaci, koji se prepoznaju kao izostanak niskih rastertonskih vrijednosti na tiskovnim formama, što bi u suprotnom rezultiralo otiscima niske kvalitete. Primjena *bump up* krivulja u procesu izrade tiskovne forme utječe na otvore u LAMS sloju. Otvori se odnose na područja niskih rastertonskih vrijednosti pri čemu se oni povećavaju u svrhu propuštanja veće količine svjetlosti (UVA). Veća količina svjetlosti znači i izraženiju fotopolimerizaciju ili formiranje tiskovnog elementa željenih karakteristika. Tako formirani tiskovni elementi dalje u procesu tiska imaju mogućnost prijenosa bojila na tiskovnu podlogu. U konačnici to predstavlja povećanje kvalitete tiska i realiziranje reprodukcije sličnije onoj na zaslonu računala.

Iz vrijednosti prikazanih dijagramima te slika u poglavlju diskusije mogu se izvući slijedeći zaključci:

- Manja površina otvora na LAMS sloju izravno utječe na veličinu površine tiskovnog elementa, što se može objasniti kontrakcijom fotopolimera kao primarnim faktorom te utjecajem podkopiravanja kao sekundarnog faktora koji dolazi do izražaja tek kod viših rastertonskih vrijednosti. Nadalje, ne smije se zanemariti neželjeni, destruktivni utjecaj kisika na smanjenje volumena fotopolimera.
- U prilog podkopiravanju može se navesti opadanje razlike između promjera otvora na LAMS-u i promjera tiskovnog elementa na tiskovnoj formi s porastom rastertonske vrijednosti. Što je veći otvor na LAMS-u, veći je utjecaj podkopiravanja, a ujedno i formiranja većeg tiskovnog elementa. To je izrazito prisutno kod nižih stupnjeva *bump up* krivulja (2 i 4), gdje vrijednosti razlika u promjerima otvora na LAMS-u i promjera tiskovnih elemenata naglo opadaju što se povećava rastertonska vrijednost.

- 3D i 2D prikazi rastertonske vrijednosti od 5% na tiskovnoj formi izrađenoj primjenom tri različite *bump up* krivulje ukazuju na važnost primjene *bump up* krivulja. Tim prikazom su potvrđene tvrdnje da se *bump up* krivuljama osigurava korektno formiranje tiskovnih elemenata niskih rastertonskih vrijednosti.
- *Bump up* krivulje su neizostavan korak u reprodukcijском procesu u kojem je važno odabrati pogodnu *bump up* krivulju i točno predvidjeti promjene dimenzija tiskovnih elemenata. Primjena *bump up* krivulja u reprodukcijском procesu tehnike fleksotiska iznimno je važna, posebno kod proizvodnje visokokvalitetnih grafičkih proizvoda.

7. LITERATURA

1. Page Crouch J. (2005). *Flexography Primer, second edition*, PIA/GATF Press, Pittsburgh, USA
2. Bob Thompson (2004). *Printing Materials: Science and Technology, 2nd edition*, Intype Libra, London, UK
3. <http://www.flexoglobal.com/flexomag/08-May/flexomag-anderson.htm>, *e-FlexoGlobal — the Technical Journal for the Global Flexo Industry!*, 27. kolovoz 2013.
4. Guido Hennig, Karl Heinz Selbmann, Stefan Mattheus, Ralph Kecke, Stephan Bruning (2006). *JIMN-Journal of Laser Micro/Nanoengineering*, Vol.1, No.2, (2006.), broj stranica (89. – 98.)
5. Mahović Poljaček S. (2013). Predavanje Tiskovne forme, Grafički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Hrvatska
6. *DFTA Guide for making digital flexo printing plates, Version 1.0*, April 2006., brošura
7. <http://www.professionalprinting.com/fm-and-am-screening-comparison/>, *Professional printing centre*, 25. kolovoza
8. <http://www.trapping.org/HyScreen.html>, *I-Trap*, 25.8.
9. http://www.dk.heidelberg.com/www/html/da/binaries/files/prinect/expert_guide_screening_tech_pdf, *Heidelberg*, 25. kolovoza
10. <http://www.esko.com/en/esko/screening/flexography>, *ESKO*, 31. kolovoza 2013.
11. ESKO graphics (expect more) (2004.), *Screening on the Esko-Graphics FlexRip, Version 1.0*, Esko-Graphics, Gant, Belgija
12. *DuPontTM Cyrel[®] 1000 ECDLF, State of the art exposure, dryer & light finisher*, EU, 2008., brošura
13. ESKO artwork, *CDI Spark 4835 Technical specifications*, EU, 2009., brošura

14. http://www.flexo-technic.de/products/used_1200/1243/Code_1243.pdf, Flexo-Technic Handels GmbH , 8. rujna 2013.
15. <http://www.corona-grafica.com/PDFs/vipFLEX.pdf>, *VipFLEX*, 18. kolovoza 2013.
16. <http://www.fag.ch/products/pdf/FAGvipFLEX%20335%20NewPQ.pdf>, *FAG*, 18. kolovoza 2013.
17. http://www.troika-systems.com/English/_downloads/AniCAM-3D_Scanning_Microscope_E.pdf, *Troika-systems*, 22. kolovoza
18. http://www.troika-systems.com/English/_downloads/AniCAM_FlexoPlateAnalysis.pdf, *Troika-systems*, 22. kolovoza
19. http://www.well.ox.ac.uk/_asset/file/olympus-bx-51-brochure.pdf, *The Welcome Trust Centre for Human Genetics*, 28. kolovoz 2013.
20. <http://the-print-guide.blogspot.com/2010/02/principle-of-dot-gain-compensation.html>, *The Print Guide*, 4. rujna 2013.
21. <http://www.flexoglobal.com/flexomag/08-September/flexomag-printcon.htm>, *e-FlexoGlobal — the Technical Journal for the Global Flexo Industry!*, 4. rujna 2013.